

MINISTÉRIO DA SAÚDE
FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ
INSTITUTO OSWALDO CRUZ

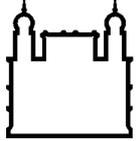
Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Medicina Tropical

MALÁRIA AUTÓCTONE EXTRA-AMAZÔNICA: ANÁLISE
EPIDEMIOLÓGICA E SUA RELAÇÃO COM VARIÁVEIS AMBIENTAIS
E ENTOMOLÓGICAS NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

PAULO SERGIO LEAL REIS

Rio de Janeiro

Junho, 2022



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz

INSTITUTO OSWALDO CRUZ
Programa de Pós-Graduação em Medicina Tropical

PAULO SERGIO LEAL REIS

Malária Autóctone extra-Amazônica: análise epidemiológica e sua relação com variáveis ambientais e entomológicas no estado do Rio de Janeiro

Dissertação apresentada ao Instituto Oswaldo Cruz como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Medicina Tropical

Orientador (es): Prof^a. Dra. Nildimar Honorio Rocha

Laboratório de Mosquitos Transmissores de Hematozoários-Lathema/IOC
Núcleo Operacional Sentinela de Mosquitos Vetores – Nosmove/Fiocruz

RIO DE JANEIRO

Junho de 2022

Reis, Paulo Sergio Leal.

Malária autóctone Extra-Amazônica: Análise epidemiológica e sua relação com variáveis ambientais e entomológicas no Estado do Rio de Janeiro / Paulo Sergio Leal Reis. - Rio de Janeiro, 2022.

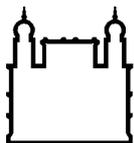
79 f.; il.

Dissertação (Mestrado) - Instituto Oswaldo Cruz, Pós-Graduação em Medicina Tropical, 2022.

Orientadora: Nildimar Honório Rocha.

Bibliografia: f. 57-73

1. Malária. 2. Autóctone. 3. Epidemiologia. 4. Entomologia. 5. Rio de Janeiro. I. Título.



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz

INSTITUTO OSWALDO CRUZ

Programa de Pós-Graduação em Medicina Tropical

AUTOR: PAULO SERGIO LEAL REIS

MALÁRIA AUTÓCTONE EXTRA-AMAZÔNICA: ANÁLISE EPIDEMIOLÓGICA E SUA RELAÇÃO COM VARIÁVEIS AMBIENTAIS E ENTOMOLÓGICAS NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

ORIENTADOR (ES): Prof^ª. Dra. Nildimar Honório Rocha

Aprovada em: 27 / 06 / 2022

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Nome – Presidente e Revisor Dra. Martha Cecília Suárez Mutis (Instituto Oswaldo Cruz)

Prof. Dr. Bruno Moreira de Carvalho (ISGlobal - Barcelona Institute for Global Health)

Prof. Dra. Flávia Barreto dos Santos (Instituto Oswaldo Cruz)

Prof. Dra. Ana Margarida Ribeiro do Amaral (Instituto Oswaldo Cruz)

Prof. Dra. Fátima Santos (Fundação Nacional de Saúde)

AGRADECIMENTOS

À minha família pelo apoio incondicional que sempre recebi.

À minha orientadora, Prof^a. Dra. Nildimar Honório por ter aceitado me orientar e tê-lo feito de forma plena.

À Prof^a. Dra. Martha Cecília Suárez Mutis que, mesmo antes de meu ingresso no curso, pacientemente respondeu as dúvidas de quem não tinha qualquer familiaridade com o meio acadêmico e, indiretamente, “abriu” a possibilidade de meu ingresso na pós-graduação.

Novamente a Dra. Martha Cecília Suárez Mutis pela revisão, sugestões e contribuições para este trabalho.

A coordenação e secretaria da pós-graduação em Medicina Tropical do IOC/Fiocruz pela eficiente condução das atividades e esclarecimento de dúvidas.

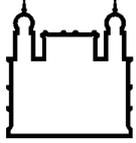
Aos professores do curso que contribuíram com seu conhecimento e experiência.

Aos colegas do curso por participarem desta etapa de minha vida.

Aos Drs. Daniel Câmara e Jefferson Santos pela colaboração nas análises dos dados e confecção de gráficos e mapas.

As Dras. Izabel Reis e Cristina Dias pelo auxílio nas revisões.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para este trabalho, direta ou indiretamente.



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz

INSTITUTO OSWALDO CRUZ

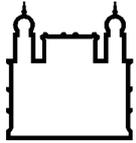
MALÁRIA AUTÓCTONE EXTRA-AMAZÔNICA: ANÁLISE EPIDEMIOLÓGICA E SUA RELAÇÃO COM VARIÁVEIS AMBIENTAIS E ENTOMOLÓGICAS NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

RESUMO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM MEDICINA TROPICAL

Paulo Sergio Leal Reis

Introdução. A malária é uma doença infecciosa aguda, causada por protozoários do gênero *Plasmodium* spp. e transmitida pela picada de fêmeas infectadas de mosquitos do gênero *Anopheles* spp., sendo considerada um grave problema de saúde pública com 241 milhões de casos e 627 mil mortes pela doença no mundo em 2020. Também no ano de 2020 foram registrados no Brasil 145.194 casos que ocorreram nas regiões Amazônica (endêmica) e extra-Amazônica. A região extra-Amazônica tem sua maioria dos casos importada, principalmente da região Amazônica e, em menor número, casos importados de outros países, além de casos autóctones; estes últimos estão ligados a um bioma comum em várias regiões extra-Amazônicas do país, o Bioma da Mata Atlântica. O **objetivo** deste trabalho é analisar o padrão epidemiológico da malária autóctone extra-Amazônica e sua relação com variáveis ambientais e entomológicas no estado do Rio de Janeiro. **Metodologia:** Trata-se de um estudo ecológico, incluindo dados epidemiológicos, ambientais e entomológicos do estado do Rio de Janeiro entre 2009 e 2019, sendo os casos notificados de malária obtidos da Secretaria Estadual de Saúde do Rio de Janeiro-SES/RJ, dados de cobertura florestal a partir da caracterização do Bioma Mata Atlântica por meio de análise de sensoriamento remoto, dados entomológicos obtidos de revisão da literatura sobre a fauna anofelina, assim como dados de coleções entomológicas, por último dados sobre presença de primatas não humanos (PNH), obtidos através de registro de epizootias e registros de presença no Portal de Biodiversidade do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Resultados e Conclusões:** Ao todo foram identificados 108 casos notificados de malária autóctone no estado do RJ no período estudado. Observamos uma correlação entre os casos de malária autóctone e a porcentagem de cobertura florestal (Spearman 0.5143), também foi observada uma maior sobreposição de casos de malária autóctone em municípios com presença do *Anopheles cruzii*, indicando a sua importância para a manutenção do ciclo da doença autóctone no estado do Rio de Janeiro.



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz

EXTRA-AMAZONIAN AUTOCHTHONOUS MALARIA: EPIDEMIOLOGICAL ANALYSIS AND ITS RELATIONSHIP WITH ENVIRONMENTAL AND ENTOMOLOGICAL VARIABLES IN THE STATE OF RIO DE JANEIRO

ABSTRACT

MASTER DISSERTATION IN TROPICAL MEDICINE

Paulo Sergio Leal Reis

Introduction. Malaria, an acute infectious disease caused by protozoa of the genus *Plasmodium* spp is transmitted by the bite of infected female mosquitoes of the genus *Anopheles* and is considered a serious public health problem with 241 million cases and 627 thousand deaths reported in the world in 2020, Brazil registered 145,194 cases that occurred in Amazon region (endemic) and extra-Amazonian region. The extra-Amazonian region has most of its cases imported, mainly from the Amazon region, with a smaller number of cases imported from other countries as well autochthonous cases; the latest are linked to a common biome in several extra-Amazonian regions of the country, the biome of Atlantic Forest. The **objective** of this study is to analyse the epidemiological pattern of autochthonous extra-Amazonian malaria and its relationship with environmental and entomological variables in the state of Rio de Janeiro (RJ). **Methodology:** This is an ecological study, including epidemiological, environmental and entomological data from the state of Rio de Janeiro between 2009 and 2019, with the reported cases of malaria obtained from the State Health Department (SES/RJ), data of forest cover from the characterization of the Atlantic Forest Biome through remote sensing analysis, entomological data obtained from a review of the literature on anophelic fauna, as well as data from entomological collections and data on the presence of non-human primates (NHP) through epizootics registration and records in the Biodiversity Portal of the Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation. **Results and Conclusions:** In total, 108 reported cases of autochthonous malaria were identified in the state of RJ during the study period. We observed a correlation between autochthonous malaria cases and the percentage of forest cover (Spearman 0.5143). Also, we observed a larger overlapping number of autochthonous malaria cases in municipalities with the presence of *Anopheles cruzii*, indicating its importance for the maintenance of the autochthonous disease cycle in the state.

ÍNDICE

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Breve história da malária	1
1.2 Malária no mundo	2
1.3 Malária no Brasil	4
1.4 Malária extra-Amazônica e no Rio de Janeiro	8
1.5 Agente Etiológico	9
1.6 A doença	11
1.7 Tratamento e Prevenção	12
1.8 Vetores	13
1.9 Hospedeiros primatas	16
1.10 Variáveis Ambientais que impactam a ocorrência da malária	19
2 JUSTIFICATIVA E HIPÓTESE	20
3 OBJETIVOS	21
3.1 Objetivo Geral	21
3.2 Objetivos Específicos	21
4 MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1 Considerações éticas	22
4.2 Desenho de estudo	22
4.3 Área de estudo	22
4.3.1 O estado do Rio de Janeiro	22
4.3.2 Clima	23
4.3.3 Relevo e hidrografia	24
4.3.4 Bioma da Mata Atlântica	25
4.4 Bases de dados territoriais e ambientais	27
4.5 Bases de dados epidemiológicas	27
4.6 Bases de dados entomológicas	28
4.7 Bases de dados dos primatas não-humanos	29
4.8 Análise de dados	29
5 RESULTADOS	31
5.1 Caracterização do uso e ocupação do solo	31
5.1.1 Caracterização geral	31
5.1.2 Área florestada	32
5.2 Perfil epidemiológico da malária no estado do Rio de Janeiro.....	32
5.3 Distribuição dos casos de malária autóctone por município	35
5.4 Distribuição temporal-espacial dos casos autóctones de malária do estado	36

5.5	Ocorrência de mosquitos anofelinos no estado do Rio de Janeiro (2009 a 2019)	39
5.6	Relação entre casos autóctones de malária, áreas florestadas e anofelinos	42
5.7	Registro de PNH nos municípios do estado (2009 e 2019)	46
6	DISCUSSÃO	48
7	CONCLUSÕES	55
8	LIMITAÇÕES DO ESTUDO E PERSPECTIVAS	56
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
10	APÊNDICE	74
	APÊNDICE A - REGISTROS DE OCORRÊNCIA DE MOSQUITOS DO GÊNERO <i>ANOPHELES</i> SPP. NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO ENTRE 2009 E 2019	74
	APÊNDICE B - GRÁFICOS COMPARATIVOS DA EVOLUÇÃO NO NÚMERO DE CASOS DE MALÁRIA: BRASIL, MUNDO, REGIÃO EXTRA-AMAZÔNICA BRASILEIRA E ESTADO DO RIO DE JANEIRO (AUTÓCTONES E IMPORTADOS)	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Áreas de transmissão de malária no mundo	2
Figura 2 - Estimativa do número de casos (A) e óbitos (B) de malária no mundo	4
Figura 3 - Mapa de risco por município de infecção, Brasil, 2020	5
Figura 4 - Casos de malária no Brasil entre 2009 e 2020	6
Figura 5 - Série histórica dos casos de malária no Brasil, período de 1959 a 2020	7
Figura 6 - Ciclo de vida do <i>Plasmodium</i> spp.	11
Figura 7 - Distribuição dos mosquitos vetores dominantes de malária no mundo	14
Figura 8 - Diversidade de espécies de Primatas Não-Humanos por país	17
Figura 9 - Mapa da presença de Primatas Não-Humanos no Brasil (2005 a 2017)	18
Figura 10 - Mapa com os municípios do estado do Rio de Janeiro, por regiões de governo	23
Figura 11 - Mapa do estado do Rio de Janeiro com os tipos climáticos de Köppen	24
Figura 12 - Mapa do relevo do estado do Rio de Janeiro	25
Figura 13 - Bioma da Mata Atlântica e seus constituintes	26
Figura 14 - Caracterização do uso e ocupação do solo do estado do Rio de Janeiro	31
Figura 15 - Distribuição da série temporal dos casos autóctones de malária no estado do Rio de Janeiro, período de 2009 a 2019	36
Figura 16 - Mapa de Kernel da densidade de casos autóctones de malária no estado do Rio de Janeiro, período de 2009 a 2019	37
Figura 17 - Mapa da persistência de notificação de casos autóctones de malária anualmente registrados no estado do Rio de Janeiro, período de 2009 a 2019	38
Figura 18 - Mapas do estado do Rio de Janeiro com o registro da	

ocorrência de mosquitos do gênero <i>Anopheles</i> por espécie e município	41
Figura 19 - Mapa da distribuição espacial dos casos de malária autóctone e a proporção de florestas nos municípios do estado do Rio de Janeiro	42
Figura 20 - Gráfico com a correlação estatística entre incidência de malária autóctone e proporção de áreas florestadas em municípios do estado do Rio de Janeiro	44
Figura 21 - Mapa da análise de Moran Bivariado entre casos de malária e porcentagem de áreas florestadas	45
Figura 22 - Casos autóctones de malária no estado do Rio de Janeiro entre 2009 e 2019 e sua relação espacial com registro de mosquitos do gênero <i>Anopheles</i>	46
Figura 23 - Casos autóctones de malária no estado do Rio de Janeiro entre 2009 e 2019 e sua relação espacial com registro de Primatas Não-Humanos (PNH)	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização da área florestada, por mesorregião do estado do Rio de Janeiro	32
Tabela 2 - Casos de malária no estado do Rio de Janeiro (2009 e 2019)	33
Tabela 3 - Distribuição dos casos autóctones de malária do estado do Rio de Janeiro no período de 2009 a 2019, classificados por faixa etária, sexo, agente etiológico, origem e principal atividade exercida nos últimos quinze dias antes dos sintomas.....	34
Tabela 4 - Casos de malária autóctone por municípios do estado do Rio de Janeiro (2009 a 2019)	35
Tabela 5 - Registros de ocorrência de mosquitos do gênero <i>Anopheles</i>, spp. por município do estado do Rio de Janeiro entre 2009 e 2019	40
Tabela 6 - Municípios do estado do Rio de Janeiro com casos de malária autóctone e relação com registro de PNH (com incidência e % de áreas florestadas)	47

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CDC: Centers for Disease Control and Prevention

CEPERJ: Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação dos Servidores Públicos do Rio de Janeiro.

CNPq: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CPB: Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Primatas Brasileiros

CRIA: Centro de Referência em Informação Ambiental

ESRI: Environmental Systems Research Institute

FAPESP: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

FINEP: Financiadora de Estudos e Projetos

GBIF: Global Biodiversity Information Facility

IBF: Instituto Brasileiro de Florestas

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMBIO: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

INEA: Instituto Estadual do Ambiente

MCTI: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

MMA: Ministério do Meio Ambiente

PNCM: Programa Nacional de Prevenção e Controle da Malária

RNP: Rede Nacional de Ensino e Pesquisa

SES/RJ: Secretaria de Estado de Saúde do Rio de Janeiro

SINAN: Sistema de Informação de Agravos de Notificação

SNIF: Sistema Nacional de Informações Florestais

WHO: World Health Organization

1 INTRODUÇÃO

1.1 Breve história da malária

A malária, também conhecida como paludismo, é uma doença parasitária, febril, aguda, transmissível e causada por protozoários do gênero *Plasmodium* Marchiafava & Celli, 1885, principalmente os das espécies *Plasmodium falciparum* (Welch, 1895), *P. vivax* (Grassi & Feletti, 1890), *P. ovale* Stephens, 1922, *P. malariae* (Feletti & Grassi, 1889) e *P. knowlesi* Sinton & Mulligan, 1932, sendo os dois primeiros os que representam as maiores ameaças. *Plasmodium falciparum* é o parasita de maior prevalência no continente africano enquanto o *P. vivax* é o parasita da malária dominante na maioria dos países fora da África Subsaariana (WHO 2021). *Plasmodium knowlesi* é responsável por casos em Primatas não humanos (PNH) no continente asiático, porém pode infectar humanos de forma natural com manifestações desde a forma branda até a grave, principalmente indivíduos que vivem ou trabalham próximo da floresta (Ahmed & Cox-Singh 2015).

O agente etiológico é transmitido ao hospedeiro humano através da picada de fêmeas infectadas de mosquitos do gênero *Anopheles* Meigen, 1818 (Consoli & Lourenço-de-Oliveira 1994) e a clínica da doença pode variar desde uma infecção assintomática ou sintomática branda até casos graves, potencialmente fatais. Dentre os sinais e sintomas que caracterizam a doença destacam-se os calafrios, febre, sudorese, prostração e cefaleia (WHO 2021, Ministério de Saúde 2022a).

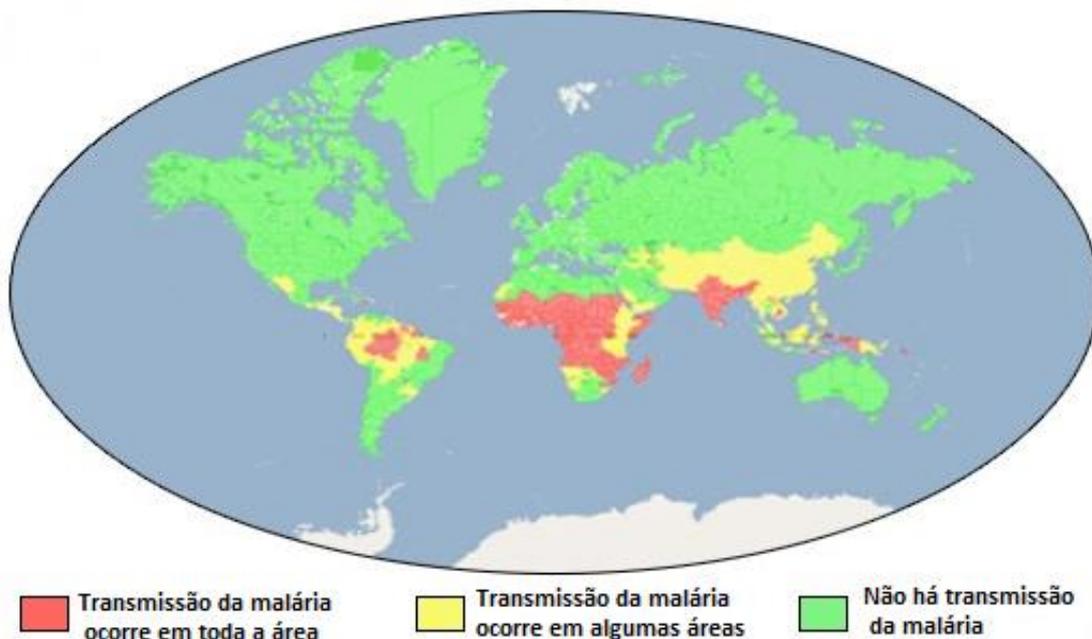
A malária surgiu provavelmente no continente Africano, de onde dispersou para as áreas tropicais e subtropicais do mundo, ocasionando elevadas taxas de incidência e óbitos (Hempelmann 2010). Os primeiros relatos de malária ou doença similar a malária, são encontrados em textos religiosos e médicos da antiguidade com mais de 4000 anos; como exemplos temos documentos chineses de 2.700 anos a.C., escrituras hindus do sexto século a.C. e papiros egípcios de 1570 a.C. Diversos filósofos da antiguidade como Sócrates, Horácio, Tacitus, Carus, Varro, Chaucer, Pepys e até Shakespeare mencionaram em seus escritos as febres provavelmente relacionadas à malária. Porém, foi Hipócrates (460 a 377 a.C.), filósofo grego, o primeiro a fazer relação entre os pântanos e a ocorrência de febres na população como relatado em seu livro *Ar, Água e Lugares*. A doença começou a ser descrita como *ária cativa* ou *mal'aria* (ar ruim) pelos italianos no século XIV e de forma

semelhante os franceses criaram o termo “paludismo”, cuja raiz significa pântano para se referir a malária (França et al. 2008, Francis 2010, Hempelmann 2010). A descoberta do agente etiológico da malária ocorreu em 1880 por Charles Louis Alphonse Laveran, médico francês (Nobel de Fisiologia (atual Medicina 1907), o mosquito vetor foi identificado primeiramente por Ronald Ross (malária aviária, mosquitos da família Culicidae) em 1897 e a transmissão humana (gênero *Anopheles*) por um grupo de cientistas italianos (Giovanni Battista Grassi, Amico Bignami, Giuseppe Bastianelli, Angelo Celli, Camillo Golgi e Ettore Marchiafava) entre 1898 e 1900 (Francis 2010, Hempelmann 2010).

1.2 Malária no mundo

A ocorrência dos casos de malária se concentra principalmente em áreas tropicais e subtropicais, acometendo desproporcionalmente populações pobres e marginalizadas do mundo (Camargo 2008, CDC 2021) (Figura 1).

Figura 1 - Áreas de transmissão de malária no mundo



Fonte: CDC 2021 (traduzido).

Mais de 90% dos casos humanos ocorrem nas três principais florestas tropicais e adjacências do mundo: Floresta Amazônica (Brasil, Bolívia, Venezuela, Colômbia, Equador, Peru, Suriname, Guiana Francesa e Guiana), Bacia do Congo e Greater

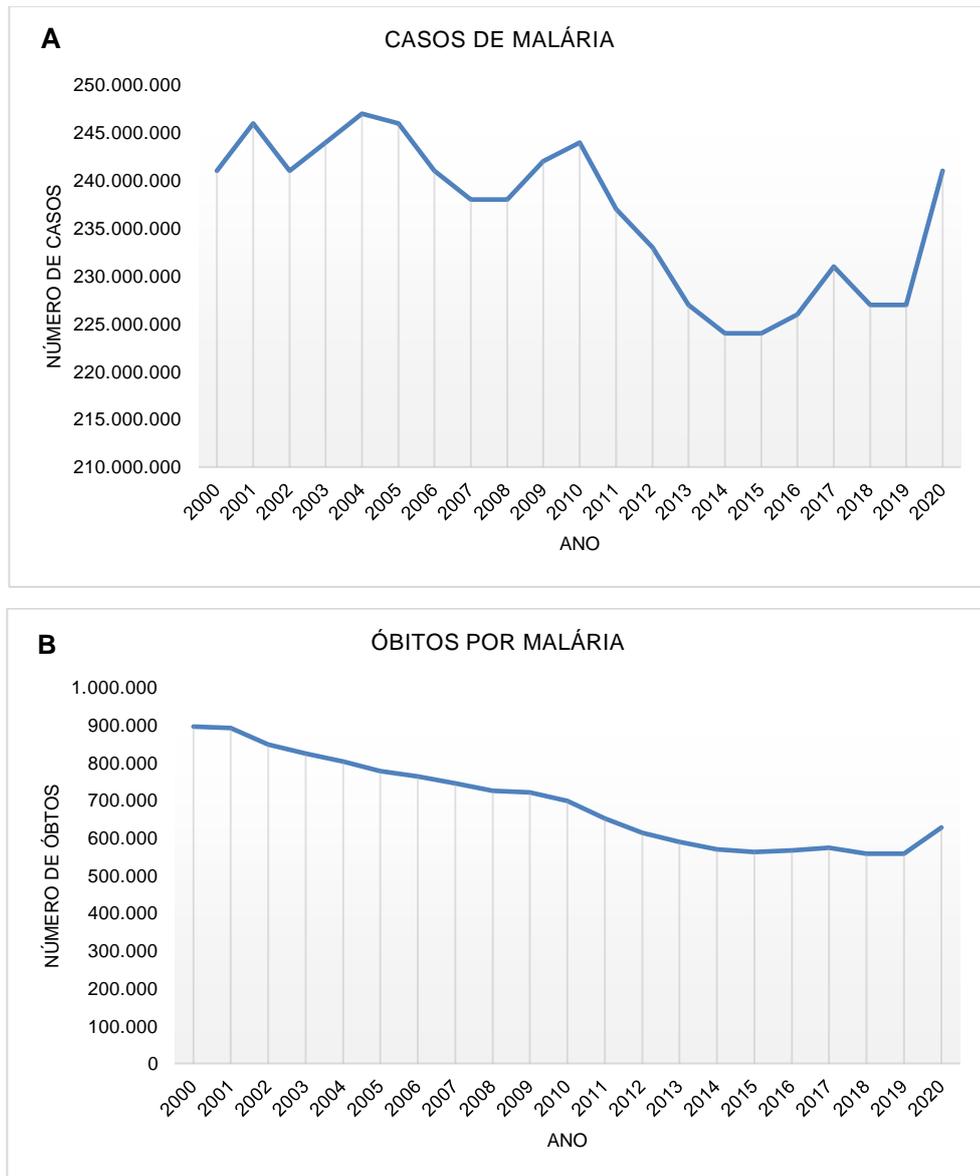
Mekon, localizado no Sudeste da Ásia (Chaves et al. 2020). Em áreas de elevada transmissão, os grupos mais vulneráveis são crianças as quais apresentam sistema imunológico ainda em formação e mulheres grávidas, que possuem sua imunidade reduzida devido à gravidez (CDC 2021).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) foram estimados 241 milhões de casos de malária em 2020 em 85 países endêmicos (incluindo o território francês da Guiana Francesa) comparado a 227 milhões de casos em 2019. Vinte e nove países foram responsáveis por 96% dos casos de malária, sendo seis países – Nigéria (27%), República Democrática do Congo (12%), Uganda (5%), Moçambique (4%), Angola (3,4%) e Burkina Faso (3,4%) responsáveis por 55% do total de casos de 2020. A incidência (por 100.000 habitantes em área de risco da doença e por ano) da doença reduziu de 8.110 em 2000, para 5.600 em 2019, entretanto devido à interrupção das atividades de rotina do serviço por causa da pandemia de Covid-19, esta incidência em 2020 aumentou para 5.900 (WHO 2021).

Estima-se que 627 mil óbitos por malária tenham ocorrido no ano 2020, representando um aumento de 12% (N= 558 mil) comparado com 2019 (Tabela 1); este aumento foi devido às interrupções de ações para o combate à doença durante a pandemia de Covid-19. Nigéria (27%), República Democrática do Congo (12%), Uganda (5%), Moçambique (4%), Angola (3%) e Burkina Faso (3%) contabilizaram metade dos óbitos por malária. A porcentagem de óbitos por malária em crianças de cinco anos de idade reduziu de 87% em 2000 para 77% em 2020 (WHO 2021). A estimativa de casos e óbitos por malária no mundo nas duas últimas décadas está apresentada na Figura 2.

Nas Américas 141 milhões de pessoas vivem em áreas de risco de malária. Nesta região, entre os anos de 2000 e 2020 o número de casos de malária reduziu 58%, de 1.5 milhões para 0.65 milhões e a incidência 67%, de 1.410 para 460 (por 100.000 habitantes em área de risco da doença e por ano). Cabe ressaltar que, nesse período, os países da Venezuela, Brasil e Colômbia contabilizaram mais de 77% dos casos totais na região. Argentina, El Salvador e Paraguai foram certificados como livres de malária nos anos de 2018, 2019 e 2021, respectivamente. Os óbitos por malária também reduziram 56%, de 909 para 409 óbitos entre os anos de 2000 e 2020, a taxa de mortalidade no período reduziu em 66%, de 0.8 para 0.3 (por 100.000 habitantes em área de risco da doença e por ano) (WHO 2021).

Figura 2 - Estimativa do número de casos (A) e óbitos (B) de malária no mundo

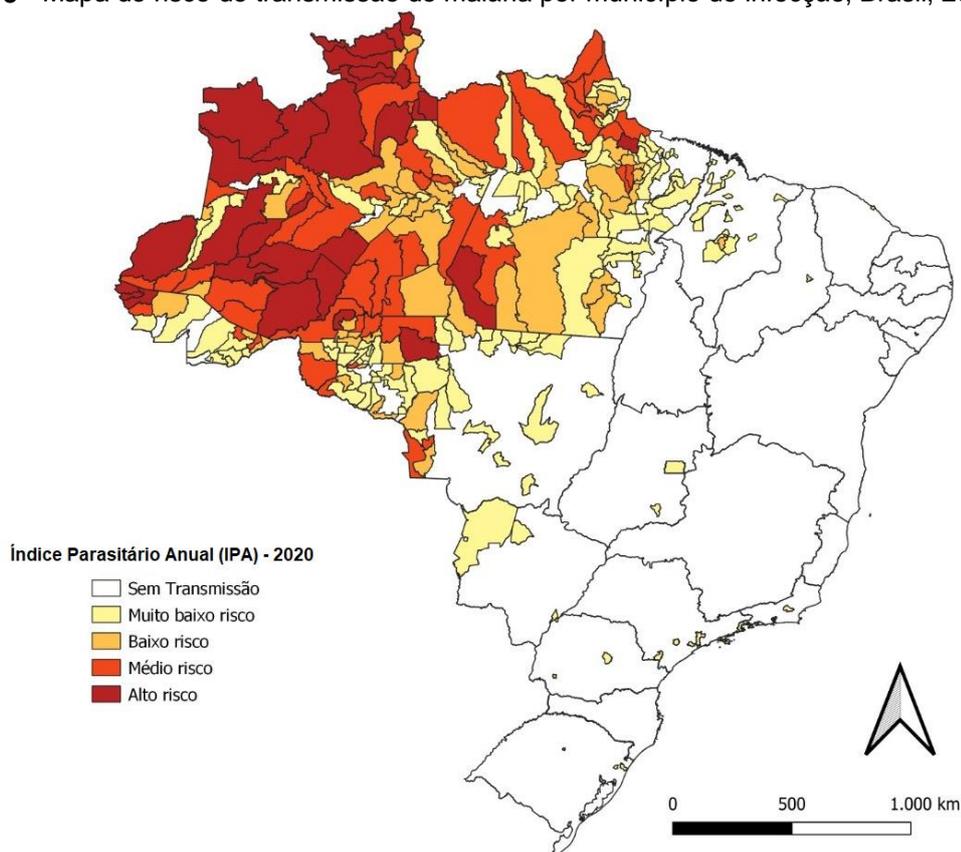


Fonte: Adaptado de WHO - World malaria report 2021.

1.3 Malária no Brasil

No Brasil, a malária é endêmica e cerca de 99% da transmissão ocorre na região da Amazônia Legal, que é composta por nove estados (Acre, Amapá, Amazonas, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins), apresentando elevada heterogeneidade na transmissão (Ministério da Saúde 2022a) (Figura 3 e 4).

Figura 3 - Mapa de risco de transmissão de malária por município de infecção, Brasil, 2020

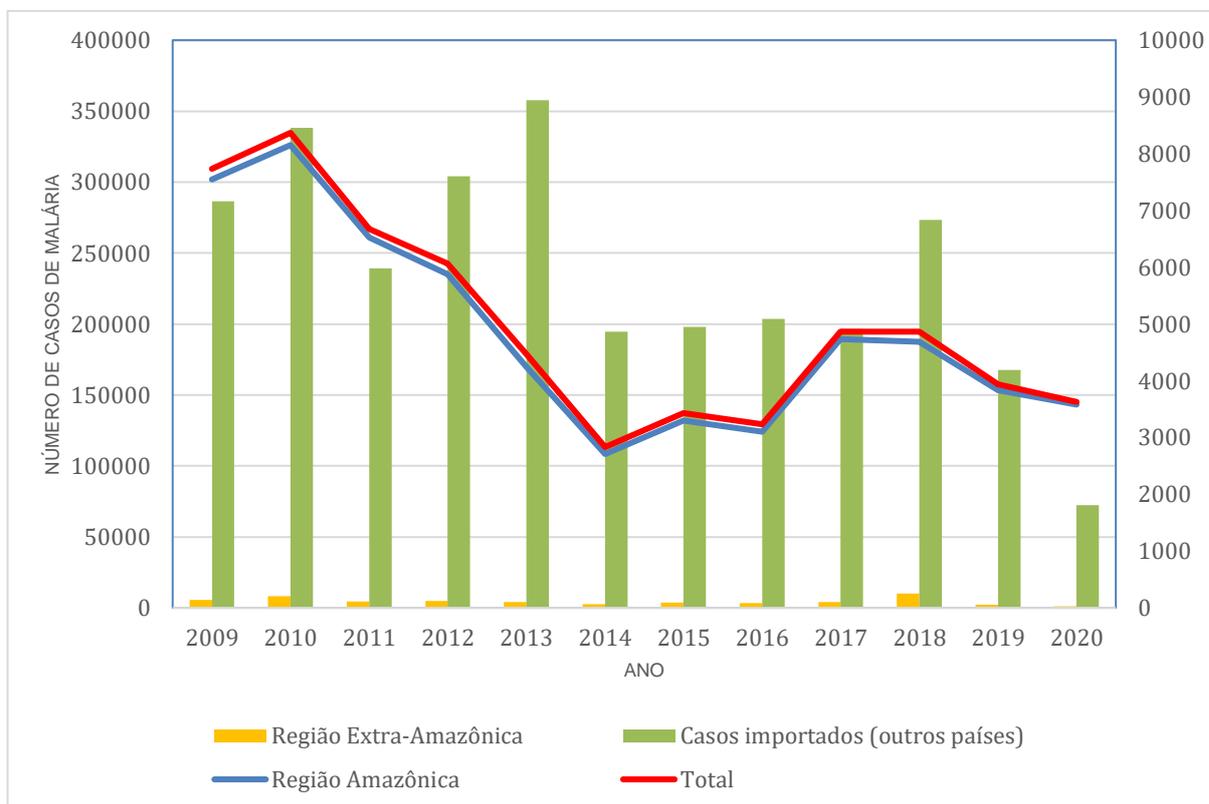


Classificação da IPA: Sem transmissão - 0 casos autóctones; Muito baixo risco - IPA <1 caso/1.000 habitantes; Baixo risco - IPA <10 casos/1.000 habitantes; Médio risco - IPA <50 casos/1.000 habitantes; Alto risco - IPA \geq 50 casos/1.000 habitantes.

Fonte: Ministério da Saúde, Brasil - Mapa de risco por município de infecção, Brasil, 2020.
<https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/m/malaria-1>.

A malária também ocorre na região extra-Amazônica, composta por dezessete estados brasileiros e o Distrito Federal, os quais são responsáveis por cerca de 1% do total de casos notificados no Brasil. Na região extra-Amazônica mais de 80% dos casos registrados são importados dos estados e países endêmicos, mas existe a transmissão residual autóctone de malária em áreas de Mata Atlântica dos estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo (Ministério da Saúde 2022a) (Figura 4).

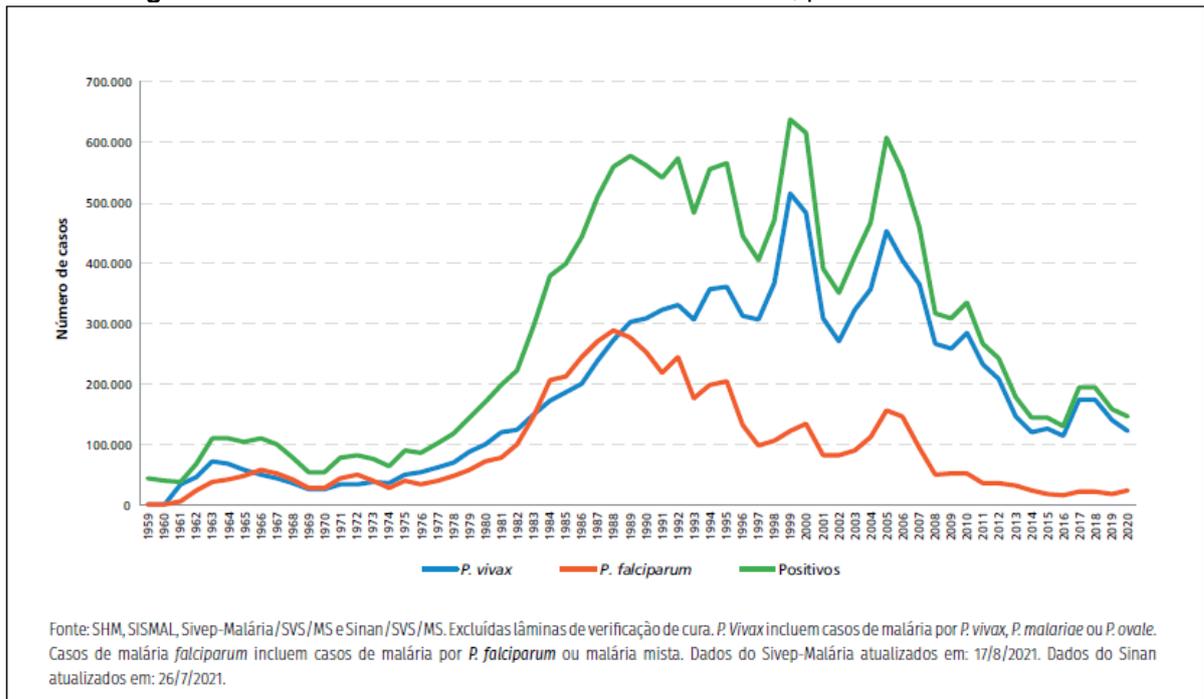
Figura 4 - Casos de malária no Brasil entre 2009 e 2020
 Região Amazônica e casos Totais representados por linhas ligadas ao eixo y principal (esquerda) e região extra-Amazônica e casos importados representados por barras ligados ao eixo Y secundário (direita)



Fonte: Dados do Ministério da Saúde, Brasil.

Houve uma queda no número de casos de malária entre os anos de 2010 (334.741 casos) e 2016 (129.242), porém, nos dois anos seguintes (2017 e 2018) o número de casos aumentou pouco mais de 50% (para 194.571 em 2018); já nos anos de 2019 e 2020 houve uma nova redução (145.194 casos em 2020). A partir do final da década de 80 a maioria dos casos registrados tem sido pelo *P. vivax* (Figura 5).

Figura 5 - Série histórica dos casos de malária no Brasil, período de 1959 a 2020



Fonte: Ministério da Saúde, Brasil - Boletim epidemiológico especial malária 2021.
<https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins/boletins-epidemiologicos/especiais/2021>.

Uma das preocupações das autoridades de saúde são os indivíduos assintomáticos que passam despercebidos pelo serviço de saúde e servem de fonte de infecção para a transmissão da doença nas áreas endêmicas e as subnotificações na Amazônia (Coura et al. 2006; Silva-Nunes et al. 2012).

Quanto ao número de óbitos, tem-se observado uma redução constante desde 2005, com exceção dos anos de 2009 e 2018. A letalidade por malária na região Amazônica é baixa (1,7/10.000 habitantes) enquanto no restante do país a letalidade chega a ser 100 vezes maior. Na maioria das vezes os óbitos estão relacionados a viajantes, pessoas que vêm infectadas de outros países ou de estados da região Amazônica, não recebendo o diagnóstico nem o tratamento oportuno e adequado devido à dificuldade na suspeição de uma doença relativamente rara nestas áreas, além da desinformação dos viajantes a respeito dos seus riscos (Ministério de Saúde 2022a).

1.4 Malária extra-Amazônica e no Rio de Janeiro

Os registros dos primeiros casos de malária ocorridos no Brasil datam do século XVI com a chegada dos europeus e africanos. No final do século XIX a malária já estava presente em todo o território nacional com exceção de algumas áreas do sul do Brasil (Camargo 2003). No início do século XIX além da região Amazônica, duas áreas extra-Amazônicas se destacavam com número de casos elevado, o Vale do São Francisco composto pelos estados de Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Sergipe e Alagoas; e a Baixada Fluminense do estado do Rio de Janeiro, compreendendo toda a baixada dos municípios de Campos dos Goytacazes até o município de Itaguaí (Deane 1986, Hochman et al. 2002). Contudo, as ações adotadas pelo governo brasileiro ao longo do tempo resultaram na eliminação da transmissão de malária em alguns estados das regiões Nordeste, Sudeste, Sul e Centro-Oeste, restando apenas focos isolados da doença na região extra-Amazônica (Ministério de Saúde 2003).

A transmissão da malária nessas áreas de risco (“focos isolados”) está relacionada com a receptividade e vulnerabilidade local. A receptividade se mantém pela presença, densidade e longevidade do mosquito vetor do gênero *Anopheles*, e a vulnerabilidade é ocasionada pela presença de pessoas infectadas oriundas da região amazônica e de outros países endêmicos para a doença (Ministério de Saúde 2003; Pina-Costa et al 2014, Albuquerque 2017).

Entre 2007 e 2020 os casos de malária autóctone na região extra-Amazônica têm reduzido, passando de 219 para 30 casos. Os estados do Espírito Santo (616 casos), São Paulo (253 casos), Paraná (185 casos), Piauí (126 casos), Rio de Janeiro (122 casos) e Bahia (113 casos) representam 80% dos casos totais nesse período (N= 1.746 casos) (Ministério da Saúde 2022b). Sabe-se que o estado do Rio de Janeiro foi endêmico para malária até a década de 1960. Em 1944, 33 dos 56 municípios registrados na época eram considerados endêmicos para a malária e quatro espécies de mosquitos vetores foram encontrados infectados naturalmente, a saber: *Anopheles darlingi* Root, 1926, *An. aquasalis* Curry, 1932, *An. albirtarsis* Lynch Arribálzaga, 1878 e *An. bellator* Dyar & Knab, 1906 (Carvalho & Rachou 1950). Devido às campanhas de controle em 1947, os casos de malária no estado diminuíram. Com a implementação do Programa de Erradicação da Malária no Brasil na década de 60 e o fortalecimento das ações no Rio de Janeiro em 1965, a transmissão foi

considerada interrompida no estado em 1968, mas casos humanos esporádicos têm sido reportados aos sistemas de saúde desde então (Moraes 1990).

Entre os anos de 2015 e 2016 um surto de malária foi registrado na região de Mata Atlântica do Rio de Janeiro, sendo 49 casos autóctones causados por *P. simium* da Fonseca, 1951, parasita de primatas não-humanos (Ceboidea) (Brasil et al 2017). Em 1966, o Dr. Deane, importante parasitologista e entomólogo brasileiro, e colaboradores propuseram o ciclo zoonótico da malária onde os macacos seriam os reservatórios de *P. simium* que poderia ser transmitido aos humanos pela picada de *An. cruzii* Dyar & Knab, 1908, principal vetor na região extra-Amazônica (Deane et al. 1966).

1.5 Agente Etiológico

Os agentes etiológicos da malária são protozoários do gênero *Plasmodium*, Família Plasmodiidae Mesnil, 1903, Ordem Haemosporida, Classe Aconoidasida, Filo Apicomplexa e Reino Protista. O parasita pode infectar diversos vertebrados como répteis, aves e mamíferos. Existem mais de 200 espécies descritas, sendo geralmente específicas para um tipo de hospedeiro. As espécies de importância médica reconhecidas atualmente são cinco: *P. falciparum*, *P. vivax*, *P. malariae*, *P. ovale* e *P. knowlesi*. O *P. knowlesi* mantém naturalmente a infecção em primatas não-humanos (PNH) e pode causar a doença em humanos, podendo ser considerada uma zoonose (Williams & Pinto 2012, Brasil et al. 2017, CDC 2020, WHO 2021). As quatro outras espécies citadas normalmente parasitam o hospedeiro humano, entretanto podem também infectar PNH (Araújo 2013, Duarte et al. 2008; Yamasaki et al. 2011). Além disso, algumas espécies que infectam PNH podem se comportar de forma zoonótica e infectar o hospedeiro humano (Brasil et al. 2017).

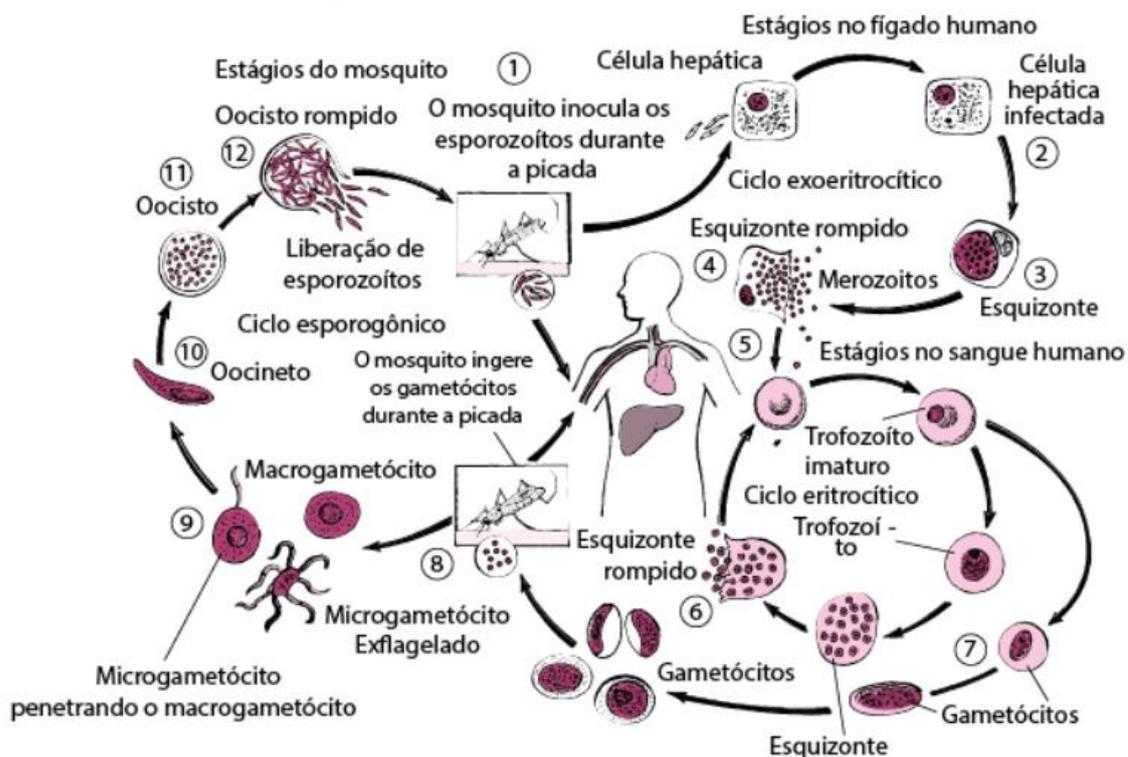
O ciclo de vida do plasmódio se faz sexuadamente no mosquito vetor e assexuadamente no hospedeiro vertebrado. No estômago do mosquito vetor os gametócitos masculinos (microgametócitos) penetram nos gametócitos femininos (macrogametócitos) produzindo zigotos, iniciando o ciclo esporogônico. Esses gametócitos foram ingeridos durante o repasto sanguíneo realizado pela fêmea do mosquito no hospedeiro infectado. Os zigotos tornam-se móveis e alongados, evoluindo para oocinetos, que invadem a parede do intestino médio do mosquito, onde se desenvolvem em oocistos, eles crescem, rompem-se e liberam esporozoítos, os

quais se deslocam para as glândulas salivares do mosquito e, durante o novo repasto sanguíneo, podem ser inoculados (com a saliva) para um novo hospedeiro. No novo hospedeiro os esporozoítos (em geral oito a quinze, embora números muito maiores sejam possíveis) são inoculados no sangue dos capilares subcutâneos e rapidamente (menos de uma hora) desaparecem da corrente sanguínea para alcançar o fígado e infectar os hepatócitos. Nessas células, os esporozoítos se tornam esquizontes que se multiplicam assexuadamente (divisão múltipla) e após seis a quinze dias (a depender da espécie) rompem-se e liberam milhares (7 mil a 40 mil dependendo da espécie) de merozoítos no sangue dos capilares intra-hepáticos (ciclo exoeritrocítico ou esquizogonia primário ou tecidual). Dependendo da espécie (*P. vivax* e *P. ovale*) as formas parasitárias nos hepatócitos podem se desenvolver em hipnozoítas e permanecer latentes por meses ou anos, podendo reiniciar o ciclo eritrocítico em determinado momento (Veronesi 2015, Pearson 2019, CDC 2020).

Após o ciclo exoeritrocítico, um novo ciclo se inicia, o ciclo eritrocítico. Após a liberação no sangue, os merozoítos rapidamente (menos de um minuto) infectam os eritrócitos onde se transformam em trofozoítos jovens (forma em anel), que amadurecem em trofozoítos amebóides e posteriormente em trofozoítos hemáticos que se multiplicam, originando de seis a trinta e seis merozoítos hemáticos, num processo denominado de esquizogonia hemática. Em certo ponto, o eritrócito infectado se rompe liberando merozoítos que infectarão novas hemácias e repetirão o ciclo (eritrocitário).

Neste ciclo eritrocítico alguns parasitas irão se diferenciar nas formas sexuadas de gametócitos masculinos (microgametócitos) ou femininos (macrogametócitos); isso ocorre de três a dez dias após o início dos sintomas (início do ciclo eritrocítico), os gametócitos irão amadurecer (cerca de trinta e seis horas para o *P. vivax* e de sete a dez dias para *P. falciparum*) e circularão no sangue do hospedeiro por um período curto (um dia) até serem ingeridos pelo mosquito vetor (reiniciando o ciclo no vetor) ou morrerem (Figura 6).

Figura 6 - Ciclo de vida do *Plasmodium* spp.



Fonte: Manual MSD (Merck Sharp & Dohme Corp) para profissionais de saúde (Pearson 2019).

1.6 A doença

A malária tem como principais manifestações clínicas em sua fase inicial a febre, associada ou não a calafrios, tremores, sudorese, dor de cabeça e dores no corpo, a febre na malária corresponde ao momento em que as hemácias estão se rompendo e liberando os merozoítos no sangue. A doença pode se apresentar de forma branda (mais comum em residentes adultos de áreas endêmicas) ou doença grave que pode levar ao óbito (comum em crianças pequenas e gestantes). A evolução da doença está ligada à espécie de plasmódio, à parasitemia, a fatores individuais, a comorbidades (desnutrição como uma importante causa de desfecho fatal na malária), ao tratamento e à presença de imunidade cumulativa (em indivíduos que vivem em áreas endêmicas, com prováveis reinfecções) (Veronesi 2015, Ministério da Saúde 2020).

O período de incubação varia de doze a dezesseis dias nos casos por *P. vivax*, oito a doze para *P. falciparum*, dezesseis a dezoito dias ou mais para o *P. ovale* e cerca de um mês (dezoito a quarenta dias) ou mais (anos) para o *P. malariae*. Classicamente a febre decorrente da doença é descrita como “terçã” (intervalo de 48

horas para *P. falciparum*, *P. vivax* ou *P. ovale*) ou “quartã” (72 horas para *P. malariae*), embora essa periodicidade não seja clara na prática (alteração com a evolução da doença, múltiplas contaminações no mesmo período, uso de medicação, etc.); para o *P. knowlesi* a febre seria diária (intervalo de 24 horas). A gravidade dos casos, na sua grande maioria, e quase todos os óbitos) estão relacionados a infecções por *P. falciparum* e é principalmente ligada a anemia causada pela grande destruição das hemácias e pela aderência das hemácias em vasos sanguíneos (devido a modificação que a mesma sofre ao ser invadida pelo plasmódio). A doença por *P. falciparum* pode cursar de diferentes formas e atingir diversos órgãos, como cérebro (malária cerebral), rins, pulmão, fígado, sistema vascular e sistema digestório, apresentando sintomas de acordo com o órgão atingido tais como, coma e alterações neurológicas, vômitos, diarreia, insuficiência renal aguda, icterícia e edema de pulmão; essas formas são menos frequentes do que a apresentação clássica de febre e anemia. A persistência do parasita no corpo (sem tratamento) varia de acordo com a espécie. *P. ovale* e, principalmente, o *P. vivax* podem ficar de forma latente no fígado por anos, já as outras espécies têm um tempo de permanência menor, em geral considera-se até um ano, embora seja possível períodos maiores (Veronesi 2015, Ministério da Saúde 2021).

O diagnóstico da malária no Brasil é realizado principalmente pela microscopia (gota espessa), que visualiza o parasita em amostra de sangue. No mundo o diagnóstico é realizado principalmente por testes rápidos imunocromatográficos, que detectam antígenos específicos do parasita na amostra de sangue, são de fácil execução, não requerem mão de obra especializada e os resultados são obtidos entre dez a quinze minutos. Testes sorológicos e de PCR podem ser usados, mas não para diagnóstico e sim para pesquisa (Ministério da Saúde 2021a, Ministério da Saúde 2022a).

1.7 Tratamento e Prevenção

O tratamento da malária (Guia de tratamento da malária no Brasil, 2º edição de 2020 (Ministério da Saúde 2020) é normalmente feito com mais de um medicamento como preconizado pela Organização Mundial da Saúde (OMS). No caso do *P. ovale* e *P. vivax* é necessário usar medicação para formas latentes no fígado. As medicações usadas dependem das espécie parasitárias, resistência antimicrobiana

destas espécies e as condições clínicas e fisiológicas (gestação, idade) do paciente, sendo necessário a utilização de protocolos adequados a cada região e, as vezes, até individualizado de acordo com o local provável de infecção nos casos de malária importada. As medicações usadas são Cloroquina e Primaquina (muito usadas no Brasil para tratamento de infecções por *P. vivax*), Amodiaquina, Artesunato, Mefloquina, Lumefantrina, Artemeter e Quinino, além de alguns antibióticos como Doxiciclina, Tetraciclina e Clindamicina (outras medicações também podem ser usadas) (Ministério da Saúde 2020). O tratamento é por via oral (casos não graves) ou intravenoso, intramuscular ou retal (casos graves) e dura geralmente de três a sete dias.

Como medidas de prevenção e proteção contra a doença são indicados uso de repelente e mosquiteiros (proteção contra o vetor), manejo integrado para controle do vetor, diagnóstico e tratamento precoce. No Brasil, não é indicada a profilaxia, pois, por um lado, a eficácia é baixa para o agente etiológico predominante no país (*P. vivax*) e por outro, o Brasil conta com uma rede de diagnóstico e tratamento eficiente (Ministério da Saúde 2020). Em outros países com áreas endêmicas de *P. falciparum*, se considera o uso da quimioprofilaxia.

Existem vacinas sendo desenvolvidas; em 2019 foi anunciado pela OMS o resultado de um estudo sobre eficácia e segurança de uma vacina, RTS,S/AS01 (Mosquirix®) que se mostrou parcialmente eficaz na prevenção da doença (RTS,S Clinical Trials Partnership 2015, ONU News 2021).

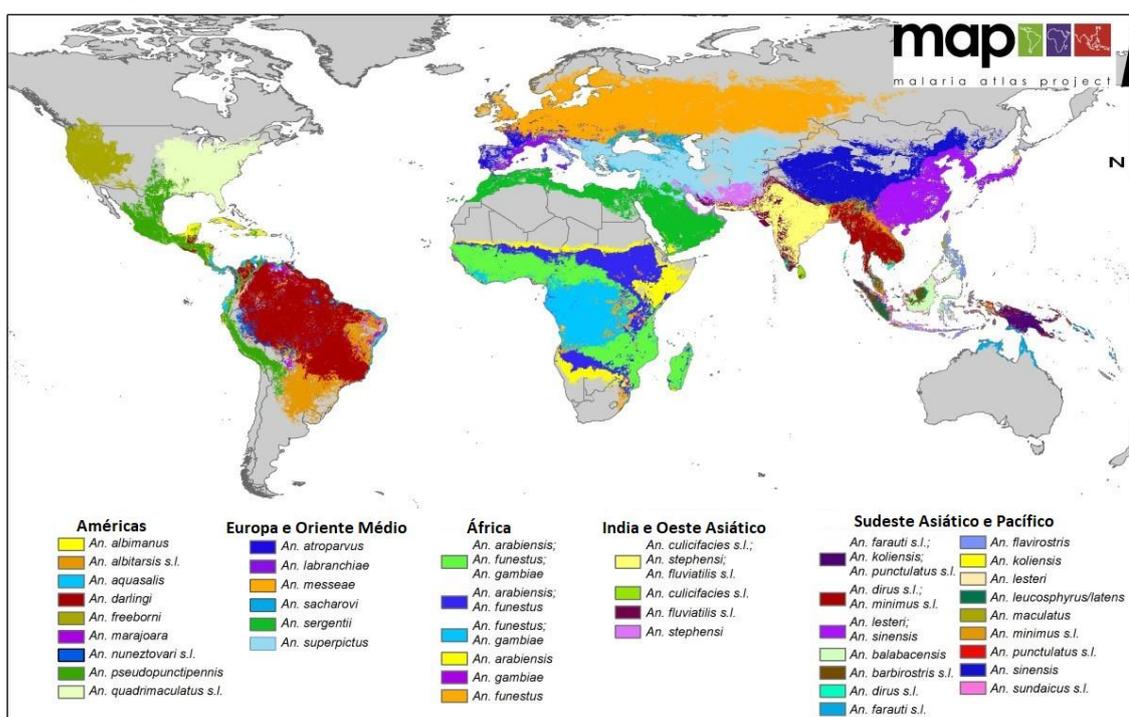
1.8 Vetores

Os mosquitos vetores dos agentes etiológicos da malária são pertencentes ao gênero *Anopheles* Meigen 1818 e estão agrupados na subfamília Anophelinae Grassi, 1900, Família Culicidae Meigen, 1818, Ordem Diptera, Classe Insecta, Filo Arthropoda e Reino Animalia (Rueda 2008, Harbach 2022, Gaffigan et al. 2022). No Brasil estes mosquitos são popularmente conhecidos como mosquito prego, pernilongo, muriçoca, carapanã ou savelha (Consoli & Lourenço-de-Oliveira 1994).

Os anofelinos são holometábolos (metamorfose completa) e são encontrados em regiões tropicais e neotropicais. O gênero *Anopheles* inclui cerca de 484 espécies reconhecidas e subdivididas em sete subgêneros: *Anopheles* (cosmopolita), *Baimaia* Harbach, Rattanarithikul & Harrison, 2005 (Oriental), *Cellia* Theobald, 1902 (Velho

Mundo), *Kerteszia* Theobald, 1905 (Neotropical), *Lophopodomyia* Antunes, 1937 (Neotropical), *Nyssorhynchus* Blanchard, 1902 (Neotropical) e *Stethomyia* Theobald, 1902 (Neotropical), dos quais *Anopheles*, *Nyssorhynchus* e *Cellia* englobam o maior número de espécies (Sallum et al. 2000, Harbach & Kitching 2005, Harbach 2013, Catalogueoflife, 2019, Harbach 2022). Segundo o catálogo de mosquitos do mundo existem oito subgêneros; o oitavo seria *Christya* com duas espécies (Afrotropical) (Gaffigan et al. 2022). A distribuição dos vetores no mundo é ampla, variando de acordo com o habitat mais ou menos propício para cada espécie (Figura 7).

Figura 7 - Distribuição dos mosquitos vetores dominantes de malária no mundo



Fonte: A global map of dominant malaria vectors. *Parasites & Vectors*, v. 5, n. 69, 2012. Fig. 1. (Sinka et al. 2012).

Na América do Sul os anofelinos incriminados na transmissão dos agentes etiológicos da malária humana são as espécies pertencentes aos subgêneros *Nyssorhynchus*, *Anopheles* e *Kerteszia* (Deane 1986, Consoli & Lourenço-de-Oliveira 1994, Forattini 2002).

No Brasil existem cerca de 60 espécies das quais onze têm importância como vetores: *An. (Nyssorhynchus) darlingi*; *An. (Nys.) aquasalis*; espécies do Complexo Albitarsis; *An. (Nys.) marajoara* Galvão & Damasceno, 1942; *An. (Nys.) janconnae* Wilkerson & Sallum, 2009; *An. (Nys.) albitarsis* s.s.; *An. (Nys.) deaneorum* Rosa-Freitas, 1989; espécies do Complexo Oswaldoi; *An. (Kerteszia) cruzii*; *An. (Ker.)*

bellator e *An. (Ker.) homunculus* Komp, 1937 (Consoli & Lourenço-de-Oliveira 1994, Ministério da Saúde 2021a).

Anopheles darlingi é o principal vetor da malária humana no Brasil, por suas características altamente antropofílicas, por ser altamente suscetível aos plasmódios e por sua capacidade de manter a transmissão mesmo quando em baixa densidade populacional (Consoli & Lourenço-de-Oliveira 1994, Oliveira-Ferreira et al. 2010). Essa espécie é encontrada em maior abundância na região Amazônica, onde possui maior relevância epidemiológica (Santos et al. 2005, Barros & Honório 2010, Oliveira-Ferreira et al. 2010). No estado do Rio de Janeiro, *An. darlingi* foi o principal vetor na década de 1950 (Carvalho & Rachou 1950, Moraes 1990), não sendo atualmente encontrado no estado, provavelmente devido as grandes mudanças no ambiente, melhorias nas áreas sanitárias e medica e ações de combate à doença (Albuquerque 2017). *Anopheles darlingi* coloniza preferencialmente grandes corpos d'água limpa, sombreada e de baixo fluxo (Consoli & Lourenço-de-Oliveira 1994).

Além do *An. darlingi*, no Brasil, destacam-se outras espécies como vetores secundários de malária a saber, *An. aquasalis*, *An. nuneztovari* Gabaldon, 1940, *An. triannulatus* (Neiva & Pinto, 1922), espécies do Complexo Albitarsis, *An. bellator* e *An. cruzii* (Consoli & Lourenço-de-Oliveira 1994, Póvoa et al. 2003, 2006, Laporta et al. 2011). Essas duas últimas espécies, são consideradas as principais espécies vetoras na região extra-Amazônica do sul e sudeste brasileiro e pertencem ao subgênero *Kerteszia* (Dyar & Knab, 1906) (Deane 1992, Resende et al. 2009).

As espécies *Anopheles bellator* e *An. cruzii* estão bem adaptadas a florestas primárias e secundárias. Ambas as espécies têm estreita relação com as bromélias de Mata Atlântica, pois sua reprodução está associada à água que fica depositada nas folhas dessa epífita (Marques et al. 2012). *Anopheles cruzii* têm preferência pelas epífitas localizadas em árvores ou terrestres, tanto as de pequeno como de grande porte, sombreadas e dentro da floresta, enquanto *An. bellator* prefere as bromélias maiores e mais expostas ao sol (Consoli & Lourenço-de-Oliveira 1994). *Anopheles cruzii* é o mais importante vetor na Mata Atlântica na região extra-Amazônica, com distribuição do estado do Rio Grande do Sul até o Sul do estado de Sergipe na região Nordeste, sendo mais comum nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil (Azevedo et al. 2019, Buery et al. 2021), possui comportamento acrodendrófilo (preferência de alimentação ao nível da copa das árvores), porém dependendo do ambiente podem se alimentar

tanto ao nível da copa quanto ao nível do solo (Consoli & Lourenço-de-Oliveira 1994, Pina-Costa et al. 2014, Azevedo et al 2019).

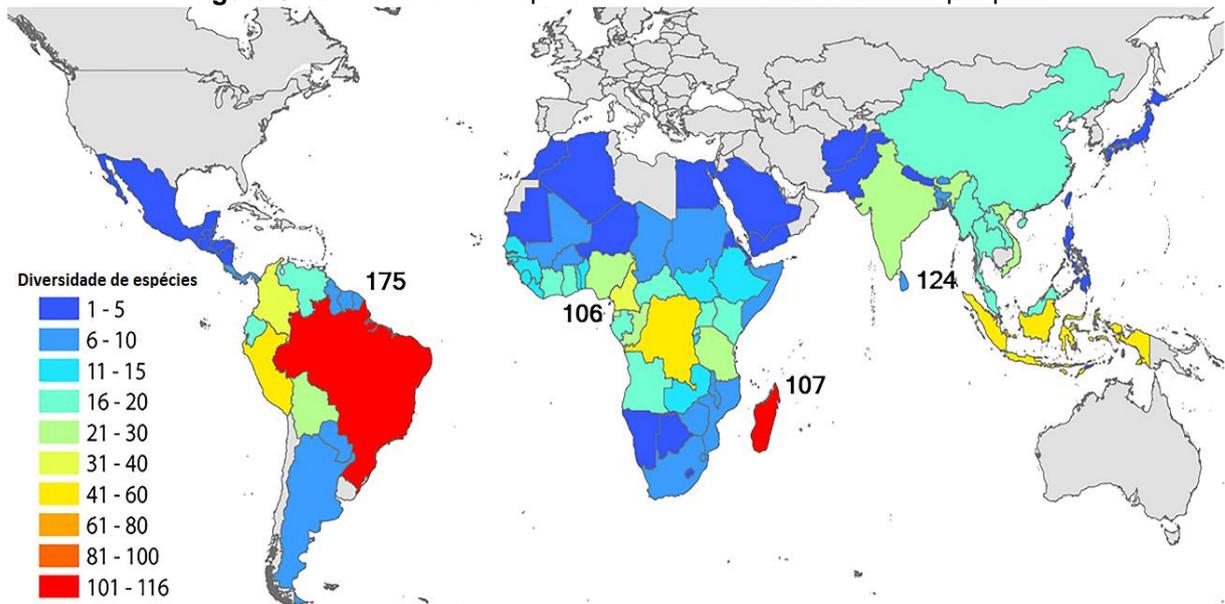
As outras espécies importantes de *Nyssorhynchus* citadas anteriormente *An. aquasalis* e *An. albitarsis* s.l. são espécies zoofílicas e exofílicas com atividade principalmente no período crepuscular. No estado do Espírito Santo, *An. aquasalis* também tem sido incriminado na transmissão da malária (Meneguzzi et al. 2009, Gomes et al. 2020). Essa espécie prefere os habitats larvários com água parada e salobra e os terrenos temporariamente inundados pela água do mar, assim como as poças e valas formadas na época das chuvas em solos salgados (Consoli & Lourenço-de-Oliveira 1994).

Anopheles albitarsis s.l. é um complexo de espécies crípticas com maior distribuição geográfica do Brasil, seu habitat larvário pode ser em qualquer tipo de coleção hídrica, mesmo as artificiais, no entanto tem preferência pelos alagados em pastos de gramíneas (Consoli & Lourenço-de-Oliveira 1994).

1.9 Hospedeiros primatas

A ordem dos Primatas pertence à Classe Mammalia, ao Filo Cordata e ao Reino Animalia e possuem pouco mais de 500 espécies (além de subespécies) (All the World's Primates 2022). Nesta ordem estão incluídos os humanos, sendo os demais primatas nesse trabalho referidos como “Primatas Não-Humanos” (PNH). Os PNHs são encontrados em grande parte do planeta especialmente, mas não exclusivamente, em áreas de florestas (Gouveia et al. 2014) (Figura 8).

Figura 8 - Diversidade de espécies de Primatas Não-Humanos por país



Fonte: Expanding global commodities trade and consumption place the world's primates at risk of extinction. Fig 1. (Estrada et al. 2019).

Na figura 8, além da legenda por cores, se destacam quatro números mostrando a variedade de espécies encontradas em quatro regiões (Neotropical - 175, África continental - 106, Madagascar - 107 e Sul/Sudeste da Ásia - 124) com maior diversidade de espécies de PNHs. Segundo o Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Primatas Brasileiros (CPB) do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) (CPB-ICMBio), no Brasil existem cerca de 139 táxons (espécies e subespécies) distribuídos amplamente pelo território brasileiro (Figura 9).

Figura 9 - Mapa da presença de Primatas Não-Humanos no Brasil (2005 a 2017)



Fonte: ICMBio - Portal da Biodiversidade – Mapa interativo (acessado em janeiro de 2022).

A figura 9 apresenta as áreas no Brasil com a presença de PNH; os pontos em azul assinalam apenas a presença e não discriminam a espécie, diversidade ou densidade demográfica dos primatas não-humanos. Primatas (Não-Humanos e Humanos) podem se infectar com protozoários do gênero *Plasmodium*, possíveis agentes etiológicos da malária (Coatney et al. 1971), podendo ou não apresentar a malária. Cada espécie de plasmódio é primariamente relacionada a uma ou mais espécies de primatas, entretanto as infecções por plasmódios espécies-específicas podem ser encontradas ou virem a se adaptar em primatas fora desta especificidade (Antinori et al. 2021). Os gêneros de PNH *Alouatta* Lacépède, 1799, *Brachyteles* Spix, 1823, *Cebus* Erxleben, 1799 e *Sapajus* Kerr, 1792 já foram encontrados naturalmente infectados pelo *P. simium* e eles estão distribuídos por quase todos os biomas da América do Sul e Central (Deane 1992, Alvarenga et al. 2015, Abreu et al. 2019).

1.10 Variáveis ambientais que impactam a ocorrência da malária

As variáveis ambientais que impactam na ocorrência e manutenção da doença são aqueles ligados aos hospedeiros e aos vetores da malária (a agente etiológico está sempre ligado ou ao hospedeiro ou ao vetor).

Para o vetor os principais fatores são calor, humidade, presença de criadouros apropriados para a postura de ovos e desenvolvimento das formas imaturas e fonte de alimentação; os dois primeiros fatores interferem na longevidade das formas adultas e desenvolvimento das imaturas, os criadouros são indispensáveis para a reprodução dos vetores pois a forma imatura necessita um meio especializado para seu desenvolvimento, e por fim fontes de alimentação, tanto para a alimentação hematófaga, indispensável a reprodução, quanto para a não hematófaga ligada a nutrição. Outros fatores como predadores, competição por criadouros ou fontes de alimentos e intervenção humana (uso de inseticidas como exemplo) podem também impactar os vetores (Forattini 2002).

Para os hospedeiros humanos os fatores ambientais estão mais ligados a atividades sociais ou econômicas da população.

2 JUSTIFICATIVA E HIPÓTESE

A dinâmica da transmissão da malária é complexa e apresenta interrelações com variáveis ecológicas, ambientais, econômicas e socioculturais. As correlações entre essas variáveis e a malária na região extra-Amazônica, em especial no bioma Mata Atlântica, ainda não são totalmente compreendidas. Neste contexto, o estado do Rio de Janeiro, que registra anualmente casos autóctones e importados de malária, possui os fatores necessários para a endemicidade do ciclo da doença, isto é, a presença de espécies vetoras (anofelinos do subgênero *Nyssorhynchus* e *Kertessia*), o agente etiológico (*Plasmodium* spp.), humano suscetível e a presença de hospedeiros primatas não-humanos.

Ademais, também possui uma história prévia de endemicidade da doença. Com efeito, os fatos citados indicam que o estado do Rio de Janeiro é receptivo e vulnerável à transmissão da malária, sendo indispensável maior conhecimento das características e fatores que determinam essa transmissão e manutenção da doença para que se possa não só avaliar o risco presente e futuro para a população, mas também para reforçar a necessidade de um sistema de vigilância ativo e eficaz para prevenir a transmissão local. Adicionalmente, o conhecimento da espacialização e temporalidade dos casos autóctones, bem como do levantamento das principais espécies de mosquitos vetores registrados no estado são imprescindíveis para repensar estratégias de vigilância entomoepidemiológica em áreas de transmissão autóctone no estado.

Neste sentido este trabalho se propõe a contribuir para a ampliação dos conhecimentos sobre o padrão epidemiológico da malária autóctone extra-Amazônica e sua relação com fatores ambientais e entomológicos, que podem influenciar ou determinar a manutenção do ciclo de transmissão no estado do Rio de Janeiro.

Como hipótese temos que: A maioria dos casos autóctones de malária do estado do Rio de Janeiro está relacionada com as áreas de maior cobertura florestal e locais com maior registro de espécies de anofelinos, especialmente o *An. cruzii*.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Analisar o padrão epidemiológico da malária extra-Amazônica e sua relação com variáveis ambientais e entomológicas no estado do Rio de Janeiro, no período de 2009 a 2019.

3.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar o uso e ocupação do solo do estado do Rio de Janeiro;
- Caracterizar o perfil epidemiológico da malária autóctone no estado do Rio de Janeiro, período;
- Descrever a ocorrência de anofelinos vetores, por município do estado do Rio de Janeiro, através de revisão da literatura e de dados de coleções entomológicas, no período;
- Analisar padrões de distribuição espacial e temporal dos casos de malária autóctone e sua associação com variáveis ambientais, entomológicas e registro de PNHs no estado do Rio de Janeiro, no período.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Considerações éticas

Os dados secundários de malária utilizados no presente estudo integram o projeto aprovado no Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Oswaldo Cruz com parecer 2.971.944 (CAAE:96344718.4.0000.5248).

4.2 Desenho de estudo

Trata-se de um estudo ecológico, retrospectivo e descritivo tendo como unidade espacial de análise os 92 municípios do estado do Rio de Janeiro. A unidade temporal de análise abrange o agregado do período de estudo compreendido entre 2009 e 2019. Nesta análise foi avaliado o perfil epidemiológico dos casos autóctones no estado do Rio de Janeiro, correlacionando-os com variáveis ambientais e entomológicas.

4.3 Área de estudo.

4.3.1 O Estado do Rio de Janeiro

O estado do Rio de Janeiro está localizado na região Sudeste do Brasil e faz limites com os estados de São Paulo, Espírito Santo e Minas Gerais, além do Oceano Atlântico. Ao todo são 92 municípios distribuídos atualmente em oito regiões de governo: Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), Região Noroeste, Região Norte, Região das Baixadas Litorâneas, Região Serrana, Região Centro-Sul, Região do Médio Paraíba e Região da Costa Verde (Figura 10) (CEPERJ 2019). Para o presente estudo, foram utilizadas as divisões de mesorregiões, a saber: Baixada Litorâneas, Centro Fluminense, Metropolitana do Rio de Janeiro, Noroeste Fluminense, Norte Fluminense e Sul Fluminense, vigentes até o ano de 2017. O estado do Rio de Janeiro possui uma área de aproximadamente 43.750,426 km² e população estimada de 17.463.349 habitantes com densidade demográfica de 365.23 hab/km² em 2021 (IBGE 2022).

Figura 10 – Mapa com os municípios do estado do Rio de Janeiro, por regiões de governo

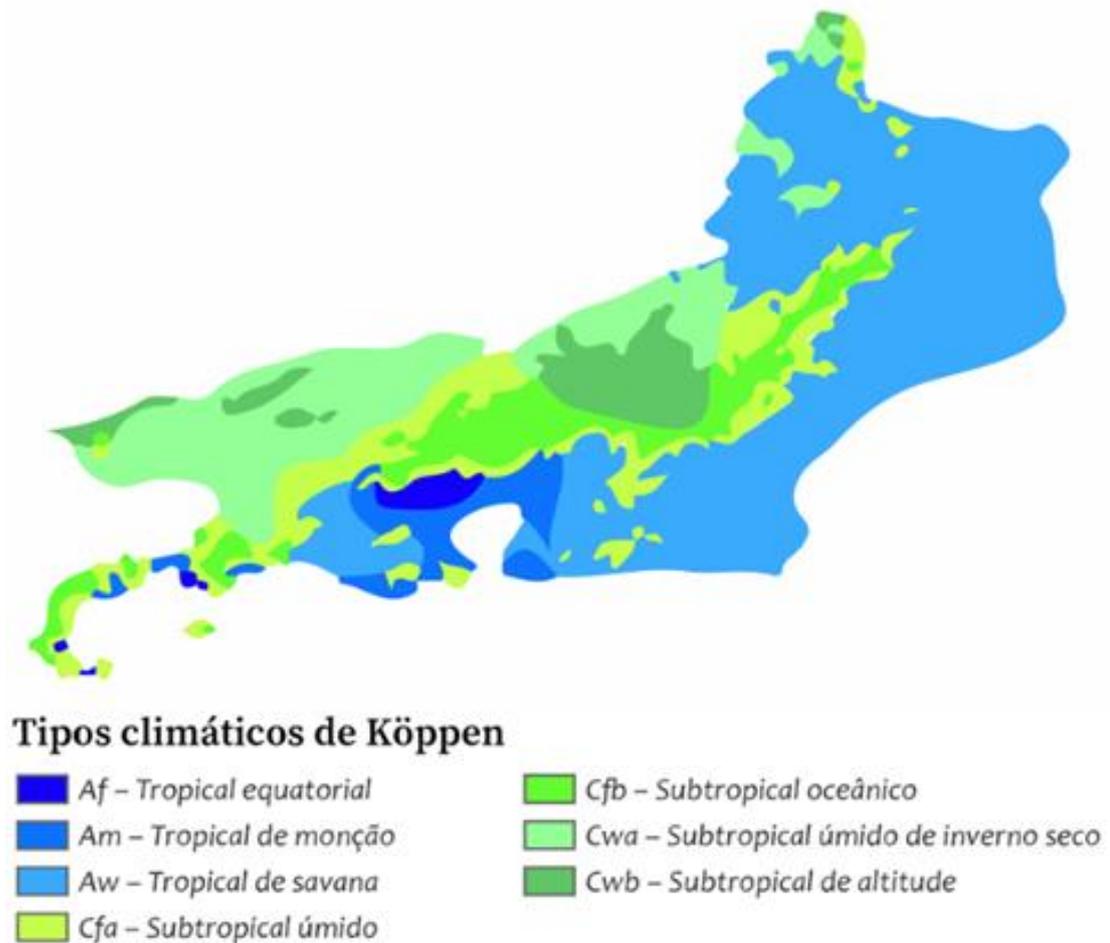


Fonte: CEPERJ

4.3.2 Clima

O clima no estado do Rio de Janeiro é dividido em tropical (nas baixadas) e tropical de altitude (nos planaltos), com áreas úmidas, semiúmidas e, até secas. A temperatura média nas áreas mais planas é de 24°C com média de chuvas anuais de cerca de 1.250 mm, entre as áreas planas e o planalto a temperatura média é de 16°C e a de chuvas 2.200 mm ao ano, já no planalto a temperatura média anual é de 20°C e índices pluviométricos que variam de 1.500 a 2.000 mm anuais. O período chuvoso é no verão e começo da primavera e o seco no inverno (Freitas 2022). A classificação do clima é Aw (tropical com inverno seco) de acordo com Köppen-Geiger (Alvares et al. 2014) (Figura 11).

Figura 11 – Mapa do estado do Rio de Janeiro com os tipos climáticos de Köppen



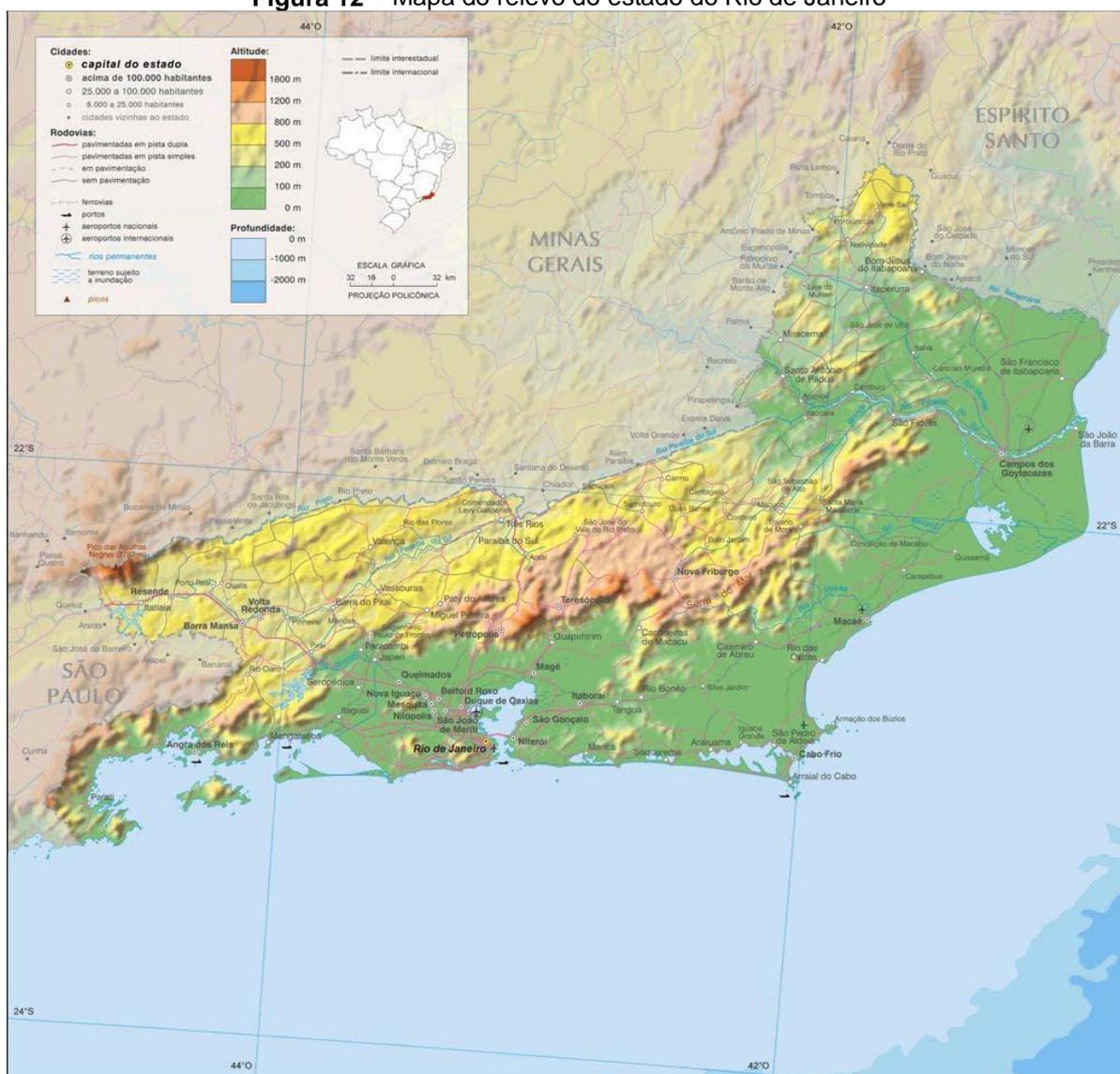
Fonte: Alice Hunter, Wikimedia Commons 2018.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rio_de_Janeiro_K%C3%B6ppen.svg

4.3.3 Relevo e hidrografia

Acidentado, sua geografia conta com três tipos de relevo: terras altas, as baixadas e os maciços costeiros. As altitudes variam desde o nível do mar até áreas acima dos 2000 metros sendo a maioria abaixo dos 500 m; o ponto culminante é o pico das Agulhas Negras (município de Itatiaia) com 2.791 m (CEPERJ). O estado possui também um extenso litoral com 636 quilômetros junto ao Oceano Atlântico. A hidrografia do estado do Rio de Janeiro tem o rio Paraíba do Sul como o mais importante do estado, cuja sua nascente é em São Paulo e atravessa todo o Rio de Janeiro até o Oceano Atlântico. Outros rios que se destacam são Macaé, Grande, Piraí, entre outros, sendo que boa parte deles são afluentes do leito principal do Paraíba do Sul (Figura 12) (IBGE 2018).

Figura 12 – Mapa do relevo do estado do Rio de Janeiro



Fonte: IBGE 2018 (Atlas Geográfico Escolar, 8ª edição, 2018, pág. 173)

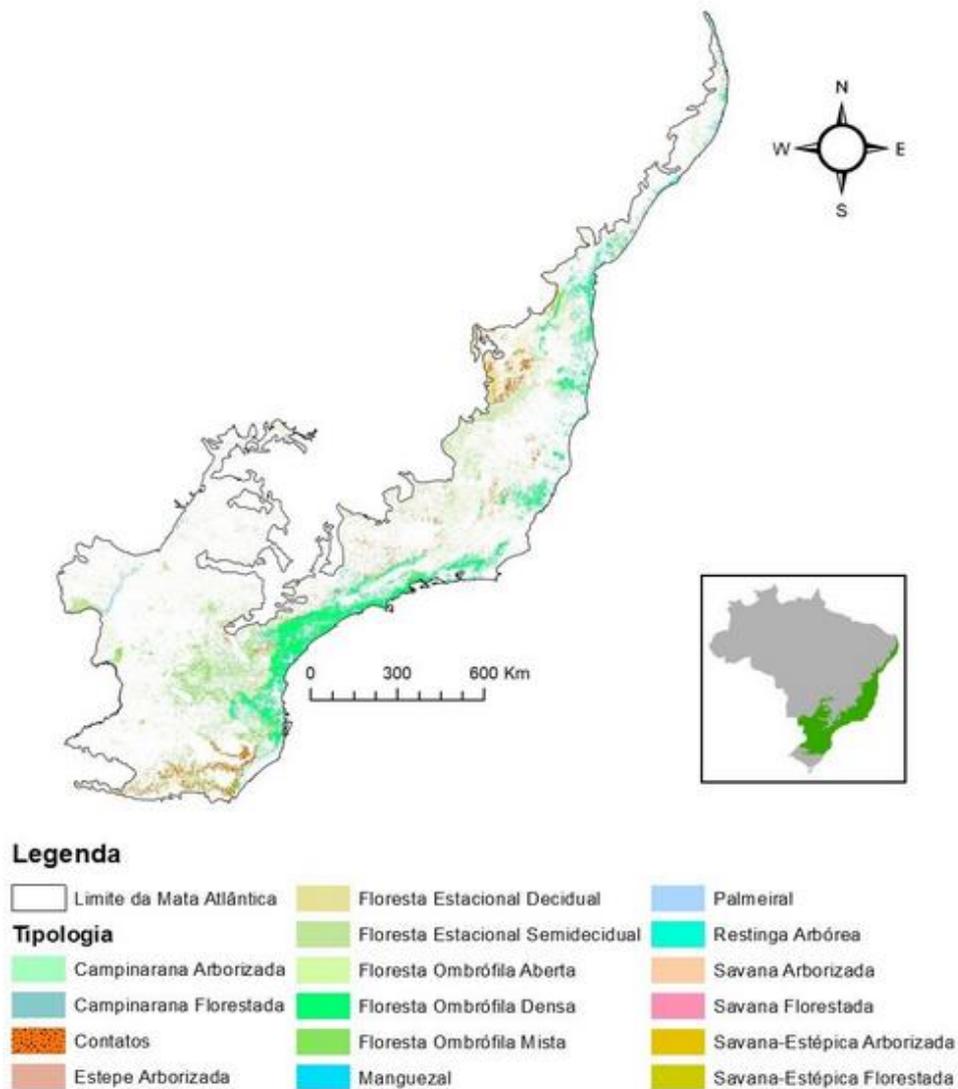
4.3.4 Bioma da Mata Atlântica

O Bioma pode ser definido de diferentes formas, embora o conceito englobe uma mesma ideia, uma área geográfica com características naturais sustentáveis semelhantes e dominante. No Brasil encontramos seis grandes biomas, a saber: Amazônia, Mata Atlântica, Cerrado, Caatinga, Pampa e Pantanal.

A Lei 11.428/2006 (conhecida como Lei da Mata Atlântica) regulamentada pelo Decreto nº 6.660/2008 dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica. Este bioma está presente em dezessete estados Brasileiros (Alagoas, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul,

Paraíba, Pernambuco, Piauí, Paraná, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Sergipe e São Paulo). É composto por formações florestais nativas (Floresta Ombrófila Densa; Floresta Ombrófila Mista, também denominada de Mata de Araucárias; Floresta Ombrófila Aberta; Floresta Estacional Semidecidual; e Floresta Estacional Decidual) e ecossistemas associados (manguezais, vegetação de restingas, campos de altitude, brejos interioranos e encraves florestais do Nordeste) (Ministério do Meio Ambiente 2020) (Figura 13).

Figura 13 - Bioma da Mata Atlântica e seus constituintes



Fonte: Sistema Nacional de Informações Florestais (SNIF 2020).

Originalmente, o bioma Mata Atlântica ocupava mais de 1,3 milhões de km², aproximadamente 15% da área territorial do Brasil (Ministério do Meio Ambiente 2020); em 2020 ocupava uma área de 16.185.632 há (hectares) ou 161.856,32 Km² ou ainda 1,9% da área territorial do país e em 2021 possuía apenas 12,45% de sua

cobertura original (SOS Mata Atlântica/IMPE 2021). A Mata Atlântica abriga cerca de 20 mil espécies vegetais das quais 8 mil são endêmicas, ou seja, só existem naturalmente na Mata Atlântica; além disso o bioma abriga mais de 800 espécies de aves, 370 de anfíbios, 200 de répteis, 270 de mamíferos e 350 de peixes. Outros aspectos deste bioma é sua importância como mantenedora de serviços ecossistêmicos nesta área em que cerca de 145 milhões de brasileiros vivem (Ministério do Meio Ambiente 2020), possuindo também um forte apelo turístico, especialmente o ecoturismo

4.4 Bases de dados territoriais e ambientais

As bases cartográficas referentes a divisão política do estado do Rio de Janeiro e ao uso e ocupação do solo foram obtidas junto ao Instituto Estadual do Ambiente do estado do Rio de Janeiro (INEA 2018), bem como os dados das áreas com vegetação florestal, por meio do uso do mapeamento do uso do solo elaborado pelo INEA em 2018. A classe alvo, vegetação florestal, foi selecionada e calculada em relação a área e porcentagem da cobertura por vegetação florestal para cada município do estado do Rio de Janeiro.

4.5 Bases de dados epidemiológicas

A malária é uma doença de notificação compulsória em todos os estados brasileiros e os casos suspeitos ou confirmados devem ser reportados para o Sistema Nacional de Vigilância Epidemiológica. Os casos notificados de malária no estado do Rio de Janeiro para o período de 2009 a 2019 foram cedidos pela Secretaria de Estado de Saúde do Estado do Rio de Janeiro (SES/RJ). O banco recebido possuía 2999 entradas (linhas) e 75 campos (colunas) e foi analisado quanto à duplicidade (homônimos), coerência dos dados (entre colunas), erros de digitação/preenchimento e inconsistência (exemplo: local provável de infecção em um local com código do país diferente deste local) e completude. Dentre as informações contidas no banco de dados as seguintes foram utilizadas: local provável de infecção, resultado da análise parasitológica (*P. vivax*, *P. falciparum*, *P. malariae*), sexo, idade, município de residência, atividade exercida nos quinze dias antes dos sintomas e ano de ocorrência. Os casos de malária autóctones do estado do Rio de Janeiro foram

definidos como aqueles em que o município provável de infecção foi qualquer município do estado do Rio de Janeiro e que não havia contradição com outros campos de identificação da origem geográfica da infecção (ex. país provável da infecção); casos importados definidos como aqueles cujo local provável de infecção não pertencia ao estado do Rio de Janeiro ou aqueles cujos campos de identificação da origem geográfica não eram compatíveis com municípios do estado. No banco de dados existe um campo para “Casos Autóctones do Local de Residência”, pela definição do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) este será considerado autóctone se o paciente contraiu a doença em seu município de residência e não do local em que foi diagnosticado, desta forma o campo não pôde ser usado para identificar casos autóctones (originais) do estado do Rio de Janeiro.

4.6 Bases de dados entomológicas

Os dados sobre a presença das espécies de anofelinos no estado do Rio de Janeiro foram obtidos a partir das seguintes fontes:

1. Artigos científicos publicados no período de 2009 a 2019, os quais foram selecionados, por meio de buscas nos bancos do PubMed, Lilacs, Scielo, BDTD (Biblioteca Digital de Teses e Dissertações) e Repositório institucional da FIOCRUZ (ARCA), utilizando os seguintes descritores “*Anopheles*” ou “Anófeles” e “Rio de Janeiro” no texto; como critério de exclusão foram adotados artigos em que não houve coleta dos mosquitos ou que essa coleta foi realizada fora do período entre os anos de 2009 e 2019 (Apêndice A).

2. Registros da Coleção de Culicidae (CCULI) do Laboratório de Mosquitos Transmissores de Hematozoários- LATHEMA do Instituto Oswaldo Cruz (<http://cculi.fiocruz.br/catalogue>) entre 2009 e 2019.

Foram verificados registros de outras coleções como a de Mosquitos Neotropicais (CMN) do Instituto René Rachou da Fiocruz Minas (<http://cmn.fiocruz.br/catalogue>), da Coleção Entomológica do Instituto Oswaldo Cruz (CEIOC) (<http://ceioc.fiocruz.br/catalogue>) e no site da rede *SpeciesLink* (*SpeciesLink* 2022), mas não houve registro do gênero *Anopheles* no período de 2009 a 2019, além dos já registrados na CCULI.

4.7 Bases de dados dos primatas não-humanos

Para identificação dos municípios com presença de PNH foram obtidos dados do Portal de Biodiversidade do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade no período de 2009 a 2019 (ICMBio – Portal da Biodiversidade) e dados de epizootias obtidos do Informe Epidemiológico 020/2018 – Febre Amarela do Centro de Informações Estratégicas de Vigilância em Saúde/Unidade de Resposta Rápida (CIEVS/URR) da Secretaria de Estado de Saúde do Rio de Janeiro (SES/RJ 2018). Não houve avaliação por espécie, somente presença ou não de registro de PNHs.

4.8 Análise de dados

Após a qualificação da base de dados dos casos notificados de malária e extração dos dados de cobertura vegetal, foi consolidada uma base de dados integrando toda a informação disponível. Os dados foram agregados ao nível de município. A análise exploratória de dados foi realizada gerando-se gráficos, tabelas descritivas e estatísticas sumárias para as variáveis de interesse (total de casos notificados de malária no estado do Rio de Janeiro, total de casos autóctones notificados no estado do Rio de Janeiro, incidência do total de casos notificados e dos casos autóctones e porcentagem de área de cobertura vegetal). Verificou-se também a correlação entre as variáveis epidemiológicas com a cobertura vegetal, por meio da correlação de Spearman. Por fim, foi construída uma matriz de presença de cada espécie de anofelino registrada em cada um dos 92 municípios do estado do Rio de Janeiro.

Para as análises espaciais dos mapas de Kernel (Clickgeo) os valores dos casos notificados de malária por local de infecção foram usados para construir uma superfície lisa de densidade de casos, através da utilização do algoritmo Kernel de base gaussiana com raio de varredura variável. Os dados de casos foram agregados a uma malha pontual das sedes municipais e posteriormente o algoritmo foi executado gerando um produto no formato *raster*. Foi realizada também a análise bivariada com base no indicador Local Moran para autocorrelação espacial, relacionando a variável dependente casos de malária autóctones do estado do Rio de Janeiro no período de 2009 a 2019 com o indicador de porcentagem de área florestada. Os mapas gerados

representam essa relação, considerando um nível de significância de 95% e sua interpretação é baseada na definição que um “*cluster*” ocorre quando o valor (alto ou baixo) registrado em um local específico é mais semelhante aos seus vizinhos do que seria em caso de aleatoriedade espacial. Todos os procedimentos de construção e análise de dados foram realizados no programa estatístico R (The R Project for Statistical Computing 2017) e os procedimentos de análise espacial e mapeamento no programa ArcGis 10.2 (ESRI 2013), QGIS (QGIS.org. 2021) e GeoDa (GeoDa 1.2).

Os dados de presença e ausência das espécies de anofelino registradas no estado do Rio de Janeiro foram mapeados no programa QGIS (QGIS.org. 2021).

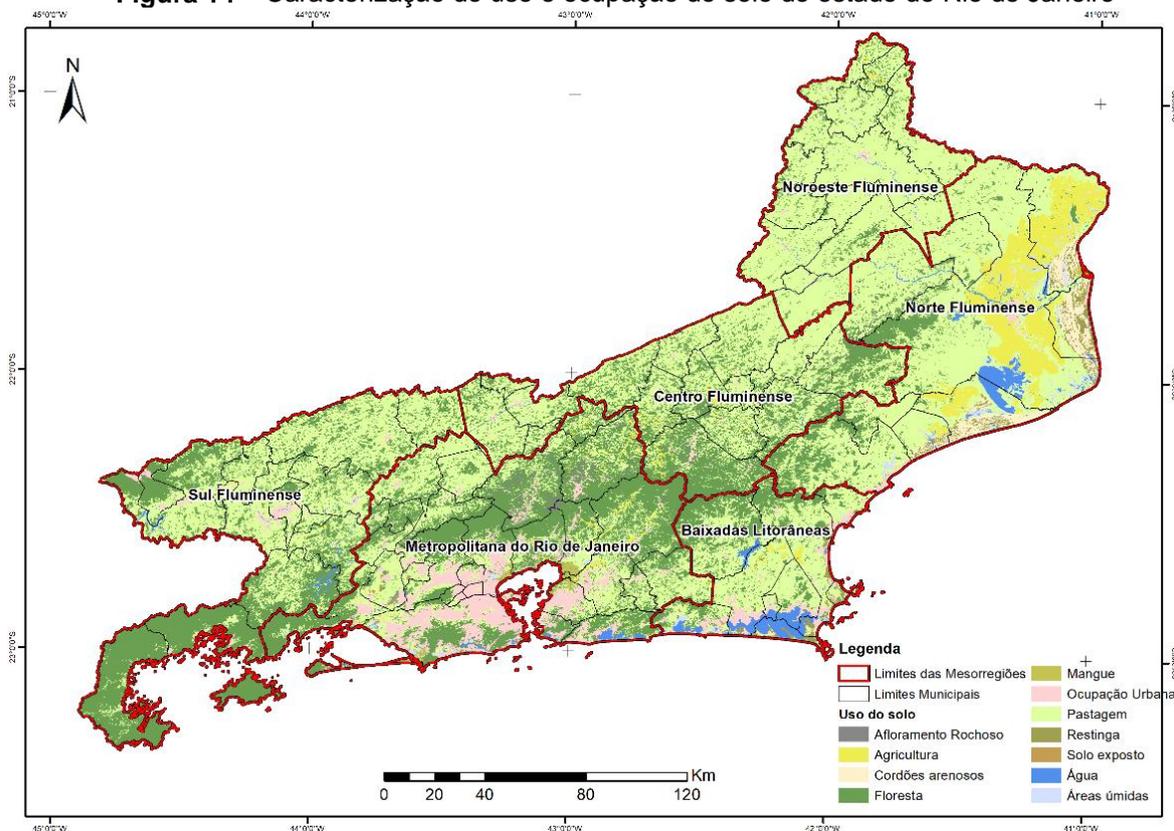
5 RESULTADOS

5.1 Caracterização do uso e ocupação do solo

5.1.1 Caracterização geral

A ocupação e uso do solo do estado do Rio de Janeiro é heterogênea; a figura 14 mostra a espacialização do uso e ocupação do solo no ano de 2018 para o estado do Rio de Janeiro e é caracterizada pelas mesorregiões do estado. Observa-se maior predomínio das categorias pastagem (54,25%) e floresta (30,03%). Em termos percentuais foram observadas as seguintes categorias de ocupação e uso do solo no estado, em ordem crescente: 0.09% solo exposto, 0.41% mangue, 0.50% de afloramento rochoso, 0.66% áreas úmidas, 0.84% restinga, 1.34% cordões arenosos, 1.97% água, 4.69% agricultura, 5.11% ocupação urbana, 30.03% floresta e 54.25% pastagem (Figura 14).

Figura 14 – Caracterização do uso e ocupação do solo do estado do Rio de Janeiro



Dados: INEA.

5.1.2 Área florestada

A tabela 1 apresenta a caracterização da área florestada do estado do Rio de Janeiro para cada mesorregião do estado, incluindo dados do total de municípios por mesorregião, número de municípios florestados (aqueles com porcentagem de florestas maior do que zero), tamanho da área, área florestada e porcentagem da cobertura florestal. Os resultados obtidos indicam que a mesorregião Sul Fluminense apresenta a maior porcentagem de área florestada (45,24%) e a Noroeste Fluminense o menor (8,78%). A mesorregião Metropolitana do Rio de Janeiro possui a maior quantidade de municípios florestados (vinte e oito) e a maior área florestada total (4.571,73 Km²), sendo a segunda mesorregião com maior porcentagem de cobertura florestal dentre as seis estudadas.

Tabela 1 – Caracterização da área florestada, por mesorregião do estado do Rio de Janeiro

Mesorregião	Total de municípios	Municípios florestados	Área (Km ²)	Área florestada (Km ²)	Cobertura florestal (%)
Baixada Litorâneas	10	9	3.648,98	941,16	25,79
Centro Fluminense	16	16	6.828,67	2.301,49	33,70
Metropolitana do Rio de Janeiro	30	28	10.257,15	4.571,73	44,57
Noroeste Fluminense	13	13	5.381,70	472,53	8,78
Norte Fluminense	9	8	9.769,47	1.092,16	11,18
Sul Fluminense	14	14	7.933,66	3.588,91	45,24

Dados: INEA.

5.2 Perfil epidemiológico da malária no estado do Rio de Janeiro

Durante o período de 2009 a 2019 foram reportados um total de 2.999 exames para malária no estado do Rio de Janeiro, dos quais 1.005 (33,51%) foram classificados como positivos e 1.994 foram considerados negativos (66,49%). O diagnóstico foi realizado por exames laboratoriais e o método diagnóstico usado, na maioria das vezes, foi a gota espessa. Dentre os 1.005 exames positivos, foram identificados um total de 869 (86,47%) casos de malária no estado no período do estudo; destes 108 foram identificados como autóctones, correspondendo a 12,43%

dos casos (761 casos foram importados ou 87,57%). Os anos de maior incidência dos casos autóctones no período de onze anos do estudo foram 2015 (trinta e três casos ou 30,56%), 2017 (vinte e um casos ou 19,44%) e 2016 (dezessete casos ou 15,54%), enquanto as menores incidências foram registradas em 2011 (zero casos ou 0%), 2019 (um caso ou 0,93%) e 2009 (dois casos ou 1,85%). Os casos importados registraram os maiores incidência em 2012 (117 casos ou 15,37%), 2011 (109 casos ou 14,32%) e 2010 (101 casos ou 13,27%), as menores incidências foram nos anos de 2016 (34 casos ou 4,47%), 2017 (35 casos ou 4,6%) e 2015 (36 casos ou 4,73%) (Tabela 2).

Tabela 2 – Casos de malária no estado do Rio de Janeiro (2009 e 2019)

Ano	Autóctones N (%)	Importados N (%)	Total N
2009	2 (2,38)	82 (97,62)	84
2010	7 (6,48)	101 (93,52)	108
2011	0 (0)	109 (100)	109
2012	7 (5,65)	117 (94,35)	124
2013	8 (7,92)	93 (92,02)	101
2014	8 (12,90)	54 (87,10)	62
2015	33 (47,83)	36 (52,17)	69
2016	17 (33,33)	34 (66,67)	51
2017	21 (37,50)	35 (62,50)	56
2018	4 (7,14)	52 (92,86)	56
2019	1 (2,04)	48 (97,96)	49
Total	108 (12,43)	761 (87,57)	869

Dados: SES-RJ.

Dos casos autóctones do estado, dois casos foram diagnosticados como infecção por *P. malariae* e duzentos e seis (98,15%) por *P. vivax*. Em relação a distribuição por sexo 86 casos (79,63%) foram classificados como homens e 22 (20,37%) como mulheres. A maioria (74 pacientes) tinha entre 30 e 59 anos de idade (68,72% dos casos); enquanto as atividades mais frequentes relatadas nos últimos 15 dias antes dos sintomas foram “Outros” e “Turismo” (31,48% e 26,85%, respectivamente); 49 casos autóctones de malária ocorreram em residentes (45,37%) e 59 em visitantes (54,63%) (Tabela 3).

Tabela 3 - Distribuição dos casos autóctones de malária do estado do Rio de Janeiro no período de 2009 a 2019, classificados por faixa etária, sexo, agente etiológico, origem e principal atividade exercida nos últimos quinze dias antes dos sintomas

Variáveis	N	%
Faixa etária (anos)		
< 12	1	0,93%
12 – 17 anos	4	3,70%
18 – 29 anos	17	15,74%
30 – 59 anos	74	68,52%
> 59 anos	12	11,11%
Sexo		
Homens	86	79,63%
Mulheres	22	20,37%
Agente etiológico		
<i>P. vivax</i>	106	98,15%
<i>P. malariae</i>	2	1,85%
Casos Residentes/Visitantes		
Residente	49	45,37%
Visitante	59	54,63%
Principal atividade nos 15 dias antes dos sintomas		
Agricultura	3	2,78%
Pecuária	0	0,00%
Doméstica	9	8,33%
Turismo	29	26,85%
Garimpagem	0	0,00%
Exploração vegetal	1	0,93%
Caça/Pesca	0	0,00%
Construtor (estradas/barragens)	0	0,00%
Mineração	1	0,93%
Viajante	21	19,44%
Outros	34	31,48%
Não existe - erro	1	0,93%
Ignorado	9	8,33%

Dados: SES-RJ.

5.3 Distribuição dos casos de malária autóctone por município

Casos de malária autóctone foram registrados em quatorze (15,22%) dos noventa e dois municípios do estado do Rio de Janeiro com variação de um a trinta e sete casos por município e de zero a trinta e três casos por ano. O município com maior incidência de casos foi Nova Friburgo com trinta e sete casos, seguido por Macaé (dezesseis casos) e Petrópolis (dez casos). O maior número de casos em um único ano por município foi em Nova Friburgo com quinze casos em 2015 e novamente em 2016 com 10 casos e Petrópolis com seis casos em 2017 (Tabela 4).

Tabela 4 - Casos de malária autóctone por municípios do estado do Rio de Janeiro (2009 a 2019)

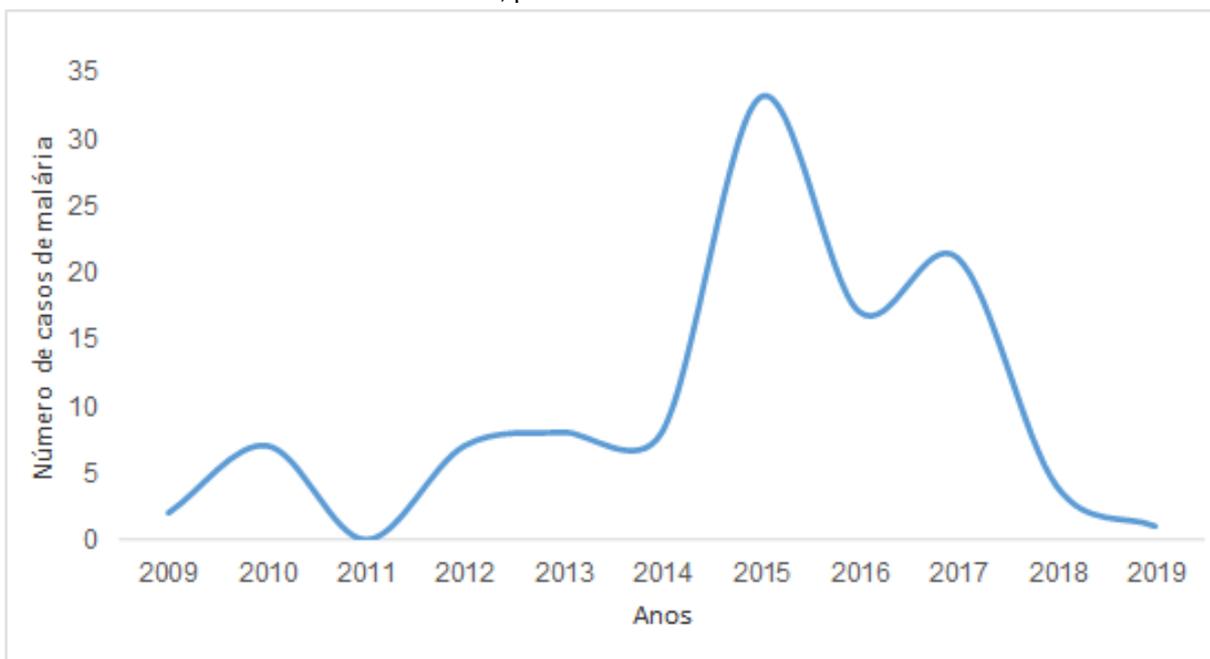
Municípios	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Total
Angra dos Reis	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	4
Cachoeiras de Macacu	0	1	0	1	0	3	0	0	2	0	0	7
Casimiro de Abreu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Conceição de Macabu	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Guapimirim	0	1	0	0	0	0	2	0	3	0	0	6
Macaé	0	2	0	0	2	2	4	2	3	0	1	16
Magé	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2
Miguel Pereira	0	0	0	0	0	1	5	2	1	0	0	9
Nova Friburgo	1	2	0	1	3	0	15	10	3	2	0	37
Petrópolis	0	0	0	0	0	0	3	1	6	0	0	9
Resende	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2
Santa Maria Madalena	0	0	0	4	0	2	0	0	0	0	0	6
São José do Vale do Rio Preto	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Teresópolis	0	0	0	0	1	0	2	2	1	0	0	6
Total	2	7	0	7	8	8	33	17	21	4	1	108

Dados: SES-RJ.

5.4 Distribuição temporal e espacial dos casos autóctones de malária do estado

A distribuição temporal dos casos autóctones do estado do Rio de Janeiro entre 2009 e 2019 é apresentada na figura 16. Houve tendência de estabilidade com valores baixos (de zero a oito casos) até 2014, um grande aumento em 2015, 2016 e 2017 (trinta e três, dezessete e vinte e um casos, respectivamente), totalizando 65,74% dos casos autóctones no período de onze anos) e diminuição destes casos em 2018 e 2019 para valores abaixo de cinco casos (quatro e um casos, respectivamente). O maior número de casos foi em 2015 com trinta e três casos e o menor em 2011 com zero casos (Figura 15).

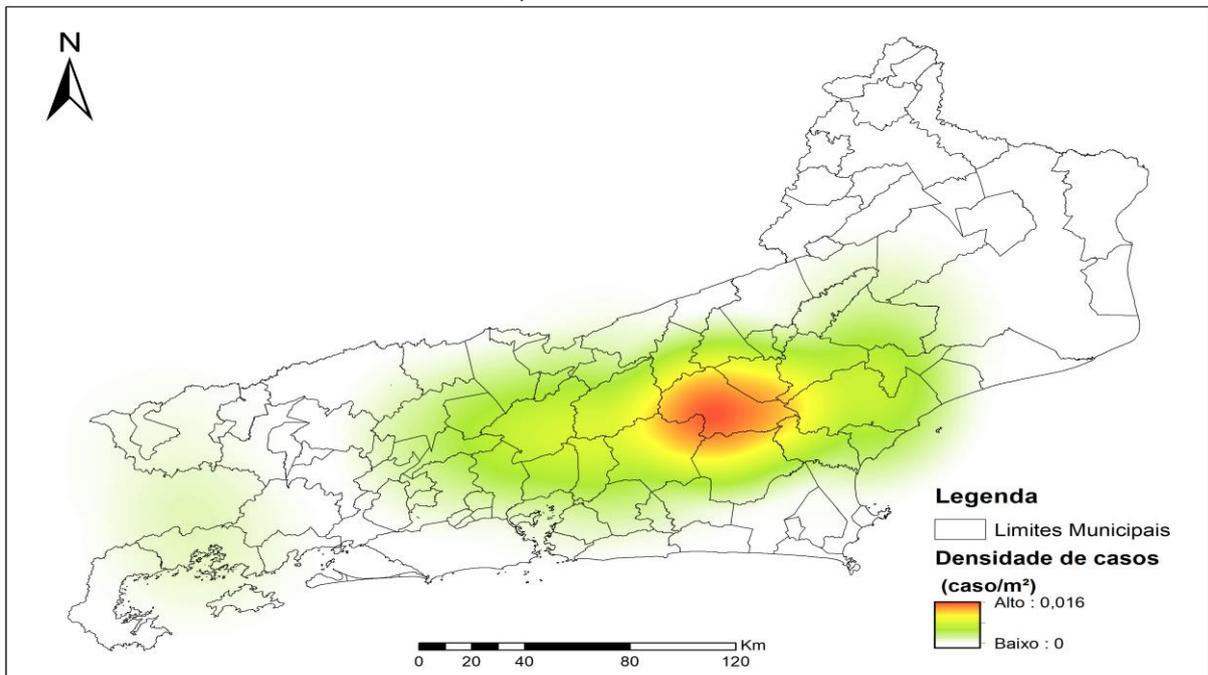
Figura 15 – Distribuição da série temporal dos casos autóctones de malária no estado do Rio de Janeiro, período de 2009 a 2019



Dados: SES-RJ.

A figura 16 apresenta o mapa de Kernel com a distribuição espacial da densidade de casos de malária autóctone ao longo do período de estudo, agregados pelas coordenadas das sedes dos municípios do estado do Rio de Janeiro. A maior densidade média de casos foi observada no município de Nova Friburgo (0,013 casos/m²) localizado na Mesorregião Centro Fluminense (atual Região Serrana).

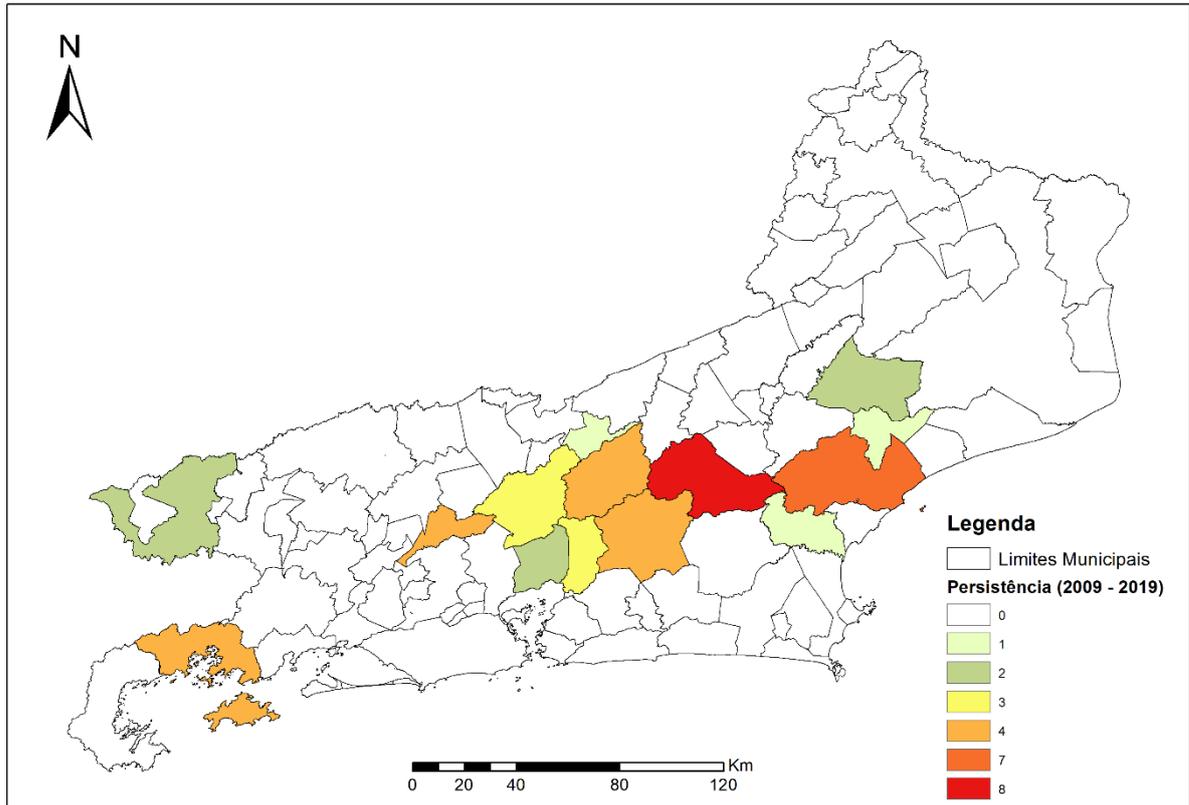
Figura 16 – Mapa de Kernel da densidade de casos autóctones de malária no estado do Rio de Janeiro, período de 2009 a 2019



Dados: SES/RJ.

No mapa da análise de persistência da notificação de casos autóctones apresentado na figura 17, a legenda representa o número de anos entre 2009 e 2019 em que foram notificados os casos autóctones de malária nos municípios do estado. Os municípios que registraram casos de malária autóctone por mais anos ao longo do período de estudo foram Nova Friburgo (oito de onze anos) e Teresópolis (quatro de onze anos) localizados na Região Serrana, Macaé (sete de onze anos) na Região Norte Fluminense; Cachoeiras de Macacu (quatro de onze anos) na Região Metropolitana, Miguel Pereira (quatro de onze anos) na Região Centro-Sul Fluminense e Angra dos Reis (quatro de onze anos) na Região da Costa Verde.

Figura 17 - Mapa da persistência de notificação de casos autóctones de malária anualmente registrados no estado do Rio de Janeiro, período de 2009 a 2019



Dados: SES/RJ.

5.5 Ocorrência de mosquitos anofelinos no estado do Rio de Janeiro (2009 a 2019)

Em relação ao levantamento dos dados entomológicos, a partir de artigos científicos, coleções, dissertações e/ou teses, os resultados revelaram um total de 189 registros (112 da coleção do CCULI e 77 em 11 trabalhos científicos). Quatorze municípios do estado do Rio de Janeiro (15,22%) registraram a presença de mosquitos do gênero *Anopheles*. Houve registro de vinte e quatro espécies de *Anopheles* spp. pertencentes a quatro subgêneros (*Anopheles*, *Kerteszia*, *Nyssorhynchus* e *Stethomyia*). A diversidade de espécies variou de uma a quinze espécies por município. O município com maior diversidade foi Cachoeiras de Macacu com registro de quinze espécies (62,5%), seguido de Macaé com nove espécies (37,5%) e Guapimirim com sete espécies (29,17%). Três municípios só apresentaram um registro: Itatiaia (*An. cruzii*), Paraty (*An. cruzii*) e Teresópolis (subgênero *Kerteszia* sem identificação da espécie) cada um com 4,17% do número de espécies detectadas.

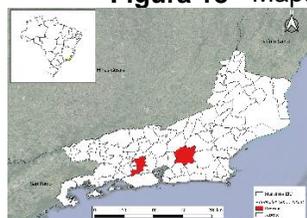
Sobre a distribuição de cada espécie por município, nove espécies foram presentes em apenas um município dos noventa e dois do estado, cada um em 1,09% dos municípios e em 7,14% (um em quatorze) dos municípios com presença do gênero *Anopheles* no estado, estes foram: *An. bellator* e *An. neivai* em Miguel Pereira, *An. braziliensis*, *An. deaneorum*, *An. minor* e *An. nimbus* em Cachoeiras de Macacu, *An. fluminensis* em Petrópolis, *An. mediopunctatus* em Angra dos Reis e *An. tibiamaculatus* em Nova Iguaçu. O registro da presença em um maior número de municípios foi do *An. cruzii*, presente em onze dos noventa e dois municípios (11,96%) e em 78,57% (onze dentre quatorze) dos municípios com a presença do gênero *Anopheles* spp. *Anopheles evansae*, a segunda espécie mais encontrada, foi registrada em sete dos noventa e dois municípios (7,61%) e em 50% (sete dentre quatorze municípios) dos com presença do gênero, seguido de *An. albitarsis* em cinco dos noventa e dois municípios (5,43%) e 35,71% (cinco dentre quatorze) com presença do gênero (Tabela 5 e Figura 18).

Tabela 5 – Registros de ocorrência de mosquitos do gênero *Anopheles* spp, por município do estado do Rio de Janeiro entre 2009 e 2019

Municípios do Estado do Rio de Janeiro	<i>An. (Nys.) albitarsis</i>	<i>An. (Nys.) aquasalis</i>	<i>An. (Nys.) argyritarsis</i>	<i>An. (Nys.) evansae</i>	<i>An. (Nys.) rangeli</i>	<i>An. (Nys.) galvaoi</i>	<i>An. (Nys.) strodei</i>	<i>An. (Nys.) braziliensis</i>	<i>An. (Nys.) trianulatus</i>	<i>An. (Nys.) oswaldoi</i>	<i>An. (Nys.) deaneorum</i>	<i>An. (Nys.) parvus</i>	<i>An. (Nys.) lutzii</i>	<i>An. (Nys.) benarrochi</i>	<i>An. (Nys.) spp</i>	<i>An. (Ker.) cruzii</i>	<i>An. (Ker.) bellator</i>	<i>An. (Ker.) neivai</i>	<i>An. (Ker.) spp</i>	<i>An. (Ano.) eiseni</i>	<i>An. (Ano.) intermedius</i>	<i>An. (Ano.) fluminensis</i>	<i>An. (Ano.) medfopunctatus</i>	<i>An. (Ano.) minor</i>	<i>An. (Ste.) nimbus</i>	<i>An. (Ste.) tibiamaculatus</i>	<i>Anopheles</i> spp.
Angra dos Reis															x				x				x				x
Cachoeiras de Macacu	x	x	x	x	x		x	x	x	x						x				x	x			x	x		
Guapimirim	x		x	x					x			x				x					x						x
Itatiaia																x											
Macaé			x	x	x	x	x					x	x	x	x	x											x
Mangaratiba	x	x		x			x		x																		
Miguel Pereira				x									x		x	x	x	x	x								x
Nova Friburgo									x							x				x							x
Nova Iguaçu				x												x				x						x	
Paraíba do Sul	x			x		x	x							x		x											
Paraty																x											
Petrópolis												x				x				x		x					x
Rio de Janeiro	x	x	x						x					x													
Teresópolis																				x							

Dados: Fiocruz - CCULI (Coleção de Culicidae), Artigos Científicos, Dissertações e Tese.

Figura 18 - Mapas do estado do Rio de Janeiro com o registro da ocorrência das espécies do gênero *Anopheles* spp. por município



Anopheles (Ano.) eiseni



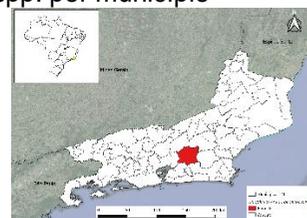
Anopheles (Ano.) fluminensis



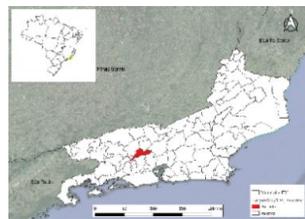
Anopheles (Ano.) medialis



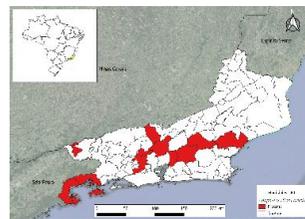
Anopheles (Ano.) mediopunctatus



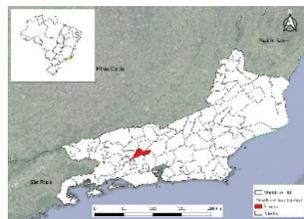
Anopheles (Ano.) minor



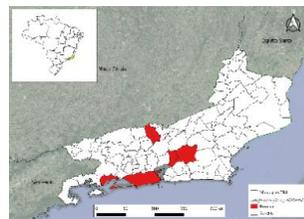
Anopheles (Ker.) bellator



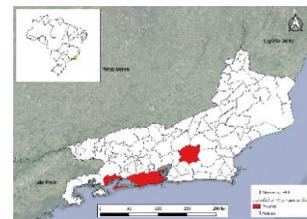
Anopheles (Ker.) cruzii



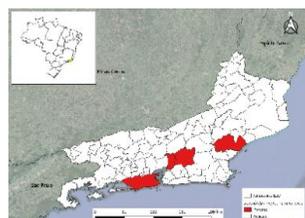
Anopheles (Ker.) neivai



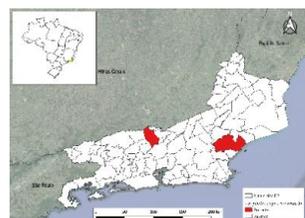
Anopheles (Nys.) albitarsis



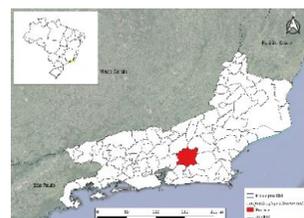
Anopheles (Nys.) aquasalis



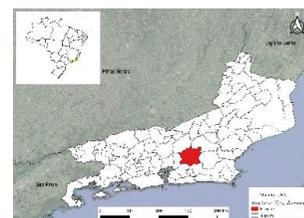
Anopheles (Nys.) argyritarsis



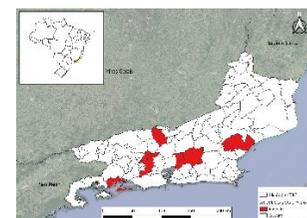
Anopheles (Nys.) benarrochi



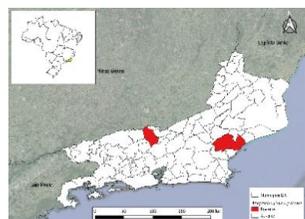
Anopheles (Nys.) braziliensis



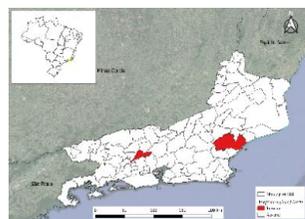
Anopheles (Nys.) deaneorum



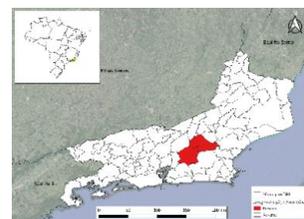
Anopheles (Nys.) evansae



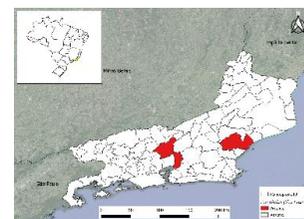
Anopheles (Nys.) galvaoi



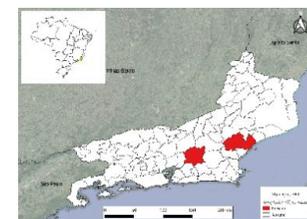
Anopheles (Nys.) lutzii



Anopheles (Nys.) oswaldoi

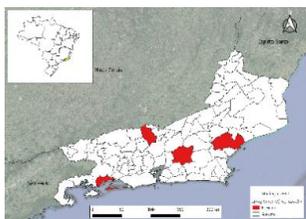


Anopheles (Nys.) parvus

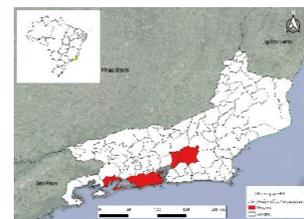


Anopheles (Nys.) rangeli

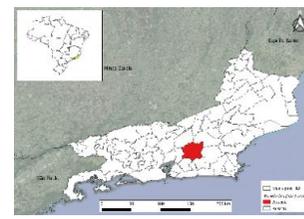
Dados: Fiocruz - CCULI
(Coleção de Culicidae),
Artigos Científicos,
Dissertações e Teses



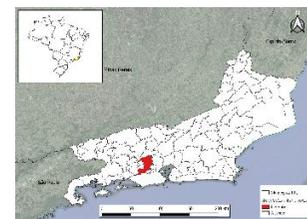
Anopheles (Nys.) strodei



Anopheles (Nys.) triannulatus



Anopheles (Ste.) nimbus

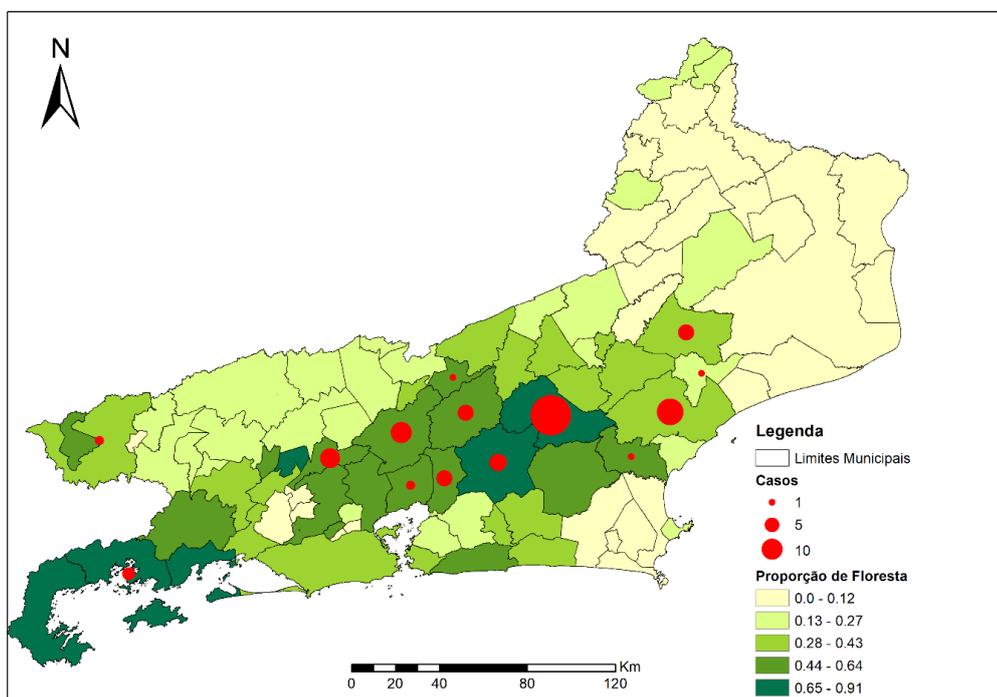


Anopheles (Ste.) tibiamaculatus

5.6 Relação entre casos autóctones de malária, áreas florestadas e anofelinos

Foram relacionados os casos autóctones de malária com a porcentagem de área florestada e a presença de mosquitos vetores de malária. Os casos de malária ficaram concentrados principalmente na Região Serrana, área que vai do Sul Fluminense até o Centro Fluminense estando entre o Vale do Rio Paraíba e a Baixada Litorânea, local com altitudes mais elevadas, clima temperado e alto índice de florestas. Cinco municípios do estado mereceram destaque por apresentarem altos percentuais de cobertura vegetal do tipo floresta e elevadas notificações de casos autóctones de malária, a saber: área da região dos municípios de Guapimirim (49,42% cobertura florestal e seis casos de malária), Cachoeiras de Macacu (70,11% cobertura florestal e sete casos de malária), Nova Friburgo (72,46% cobertura florestas e trinta e sete casos de malária), Petrópolis (63,95% cobertura e dez casos de malária) e Angra dos Reis (87,15% cobertura vegetal e quatro casos de malária). Os resultados demonstraram que a distribuição dos casos autóctones de malária foi registrada mais frequentemente nos municípios mais florestados com uma maior incidência na área central do estado (Região Serrana) (Figura 19).

Figura 19 – Mapa da distribuição espacial dos casos de malária autóctone e a proporção de florestas nos municípios do estado do Rio de Janeiro

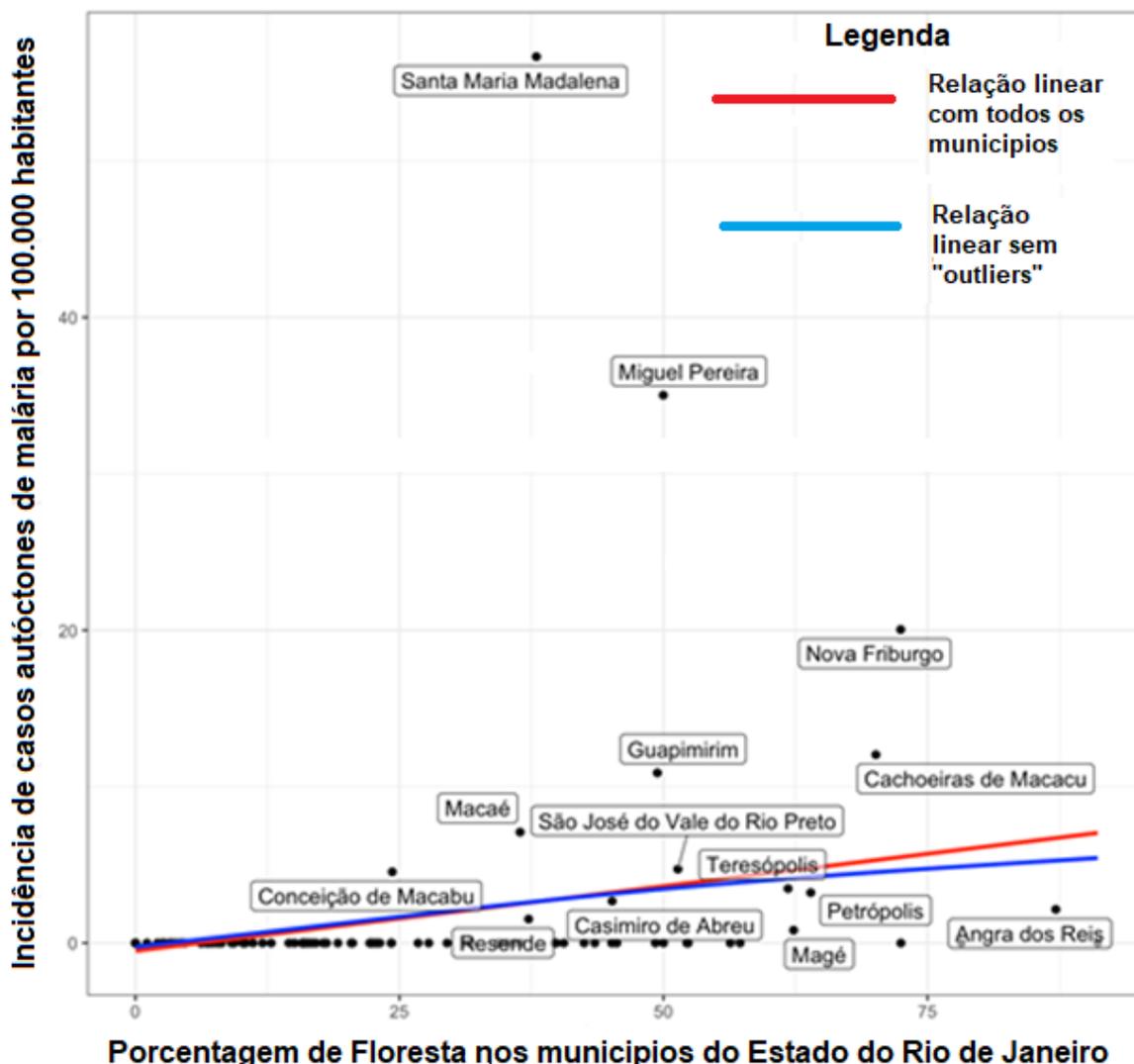


Dados: SES/RJ e INEA.

Em relação a porcentagem de área florestal houve uma variação de 0% (quatro municípios) a 91,12% (um município), sendo a média de porcentagem de floresta de 27,73%. Dos quatorze municípios com casos autóctones, treze (92,86%) apresentaram porcentagem de área florestada acima da média, e um (7,14%) município (Conceição de Macabu, com um caso autóctone) apresentou área florestada (24,32%) menor do que a média. Vinte e nove municípios com porcentagem de florestas acima da média não apresentaram casos, incluindo o município com a maior porcentagem (Paraty com 91,12%).

A figura 20 apresenta um gráfico de dispersão cruzando a incidência de malária e a porcentagem de cobertura vegetal, levando em consideração cada um dos 92 municípios do estado do Rio de Janeiro. Os resultados obtidos apontaram para uma relação linear moderada (linha vermelha); devido ao grande número de municípios sem incidência e a presença de dois “*outliers*” (Miguel Pereira e Santa Maria Madalena) a análise é menos sensível. A linha azul apresenta uma curva de suavização (sem os “*outliers*”), que pouco se difere da reta (vermelha). A figura 20 identifica cada município no gráfico de dispersão (somente municípios com valores positivos de incidência). O teste de correlação entre as duas variáveis, resultou em um coeficiente de 0.5143 significativo ($p=0,0000001665$) (correlação não-paramétrica de Spearman, dada a relação não linear entre ambas as variáveis). O coeficiente significativo é considerado “moderado”.

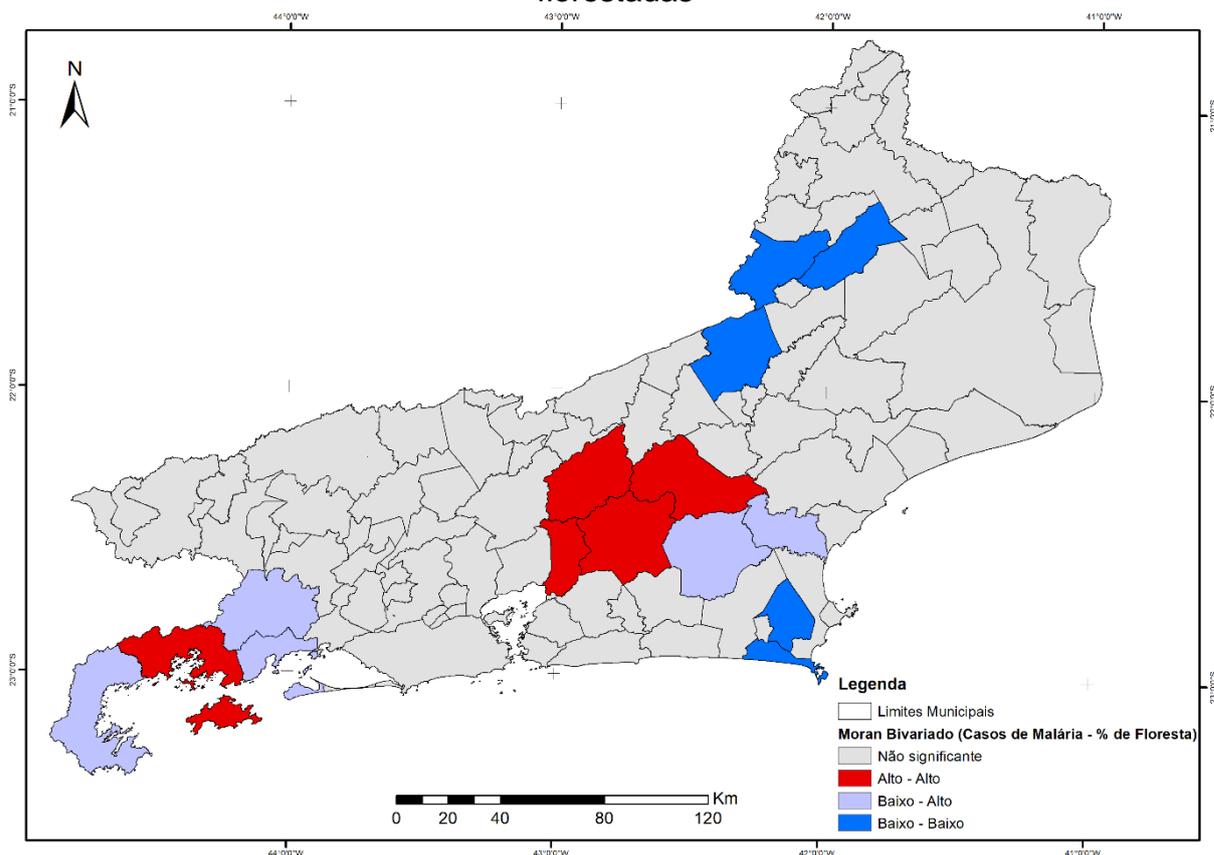
Figura 20 - Gráfico com a correlação estatística entre incidência de malária autóctone e proporção de áreas florestadas em municípios do estado do Rio de Janeiro



Dados: SES/RJ e INEA.

Ao analisar a correlação entre área florestada e casos autóctones de malária, levando em consideração a dimensão espacial pela análise do Moran Local Bivariado, observa-se uma correlação espacial entre as áreas de alta porcentagem de florestas e casos autóctones de malária. Os municípios de Cachoeiras de Macacu, Guapimirim, Nova Friburgo e Teresópolis apresentaram resultados de significância altos, incluindo altos percentuais florestais e de casos autóctones de malária, enquanto os municípios de Arraial do Cabo, Mangaratiba, Cantagalo, Santo Antônio de Pádua e Cambuci apresentaram resultados de significância baixos com baixos percentuais florestais e sem casos autóctones de malária (Figura 21)

Figura 21 - Mapa da análise de Moran Bivariado entre casos de malária e porcentagem de áreas florestadas

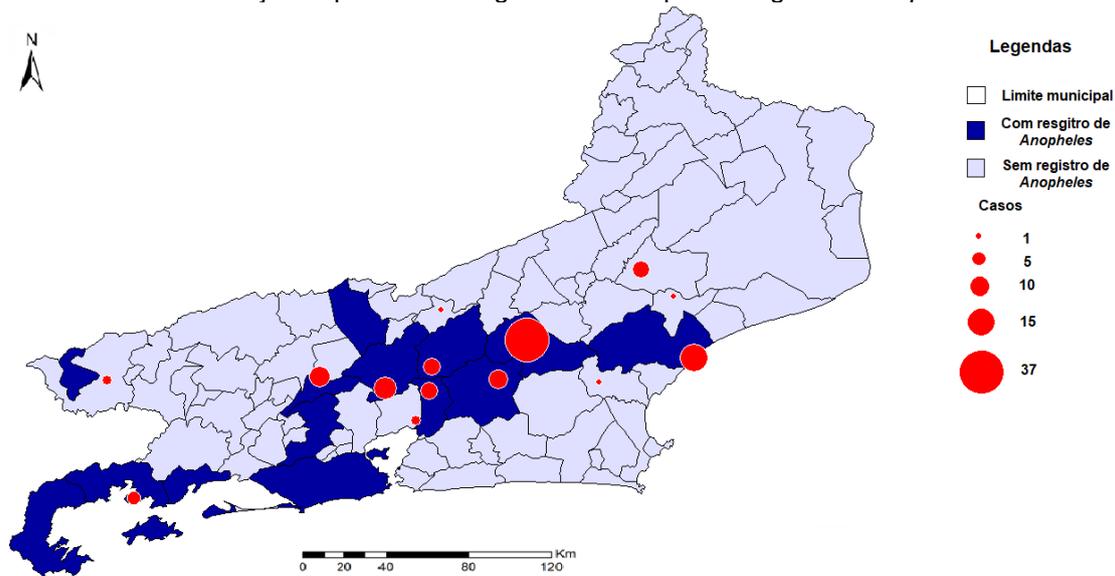


Dados: SES/RJ e INEA.

A distribuição espacial dos registros de anofelinos também foi correlacionada com a distribuição espacial dos casos autóctones de malária. A maioria dos casos autóctones de malária ocorreu em municípios com registro de espécies de *Anopheles*. Em oito, dentre os quatorze municípios com casos (57,14%), foi encontrado registro de *An. cruzii*. Os municípios que apresentaram casos e que tiveram presença registrada de anofelinos foram responsáveis por 87,96% (noventa e cinco) de todos os casos autóctones no período (2009 a 2019).

Dentre os municípios com a presença de espécies de *Anopheles* (oito municípios) e casos houve uma variação de quatro a trinta e sete casos autóctones (média de 11,87 por município); naqueles sem registro, mas com casos autóctones de malária (seis municípios) a variação foi de um a seis (média de 2,17 por município) (Figura 22).

Figura 22 - Casos autóctones de malária no estado do Rio de Janeiro entre 2009 e 2019 e sua relação espacial com registro de mosquitos do gênero *Anopheles*



Dados: SES/RJ; Fiocruz - CCULI (Coleção de Culicidae), Artigos Científicos, Dissertações e Teses.

5.7 Registro de Primatas Não Humanos nos municípios do estado (2009 e 2019)

Em relação aos PNH, possíveis hospedeiros da malária, foram encontrados registros destes animais em trinta e quatro municípios do estado (36,96%). Foi observado registro de PNH em 64,29% (nove) municípios com casos autóctones de malária, nos municípios sem o registro de casos autóctones de malária a porcentagem foi de 32,05% (vinte e cinco municípios). Os municípios de Casimiro de Abreu, Conceição de Macabu, Magé, Resende e São José do Vale do Rio Preto com casos de malária e sem a presença de PNH representaram 6,48% de todos os casos autóctones de malária. Dentre os municípios com registro de PNH a porcentagem dos casos totais foi de 93,52% (101) e variaram entre quatro a trinta e sete casos da doença (Tabela 6).

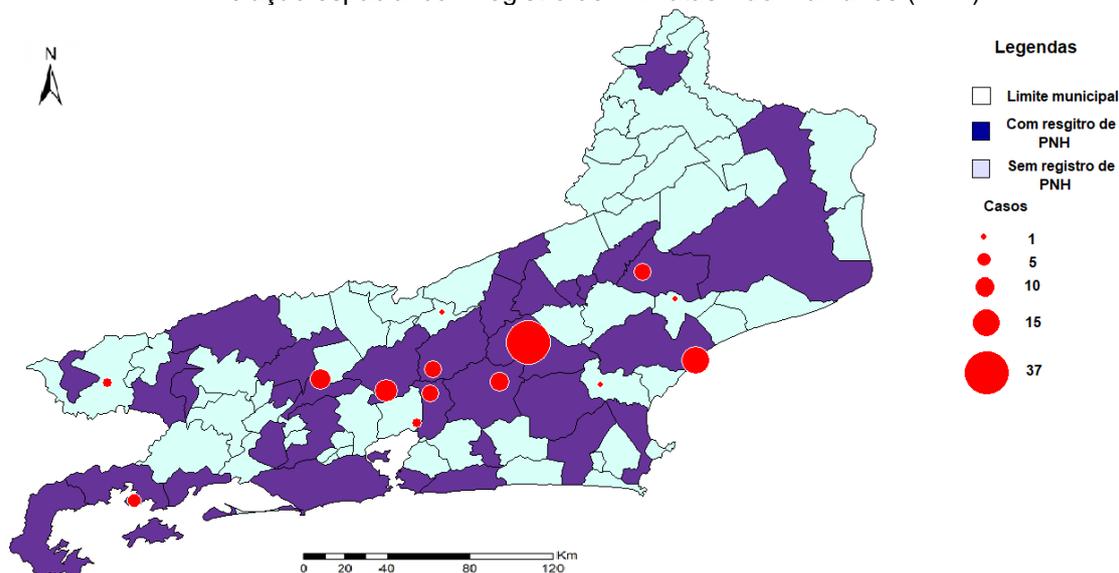
Tabela 6 - Municípios do estado do Rio de Janeiro com casos de malária autóctone e relação com registro de PNH (com incidência e % de áreas florestadas)

Municípios	Casos autóctones de malária	Inc/100000	% Floresta	PNH
Angra dos Reis	4	2,15	87,15	Sim
Cachoeiras de Macacu	7	12,04	70,11	Sim
Casimiro de Abreu	1	2,68	45,14	Não
Conceição de Macabu	1	4,55	24,32	Não
Guapimirim	6	10,88	49,42	Sim
Macaé	16	7,09	36,42	Sim
Magé	2	0,82	62,32	Não
Miguel Pereira	9	35,02	49,98	Sim
Nova Friburgo	37	20,04	72,46	Sim
Petrópolis	10	3,22	63,95	Sim
Resende	2	1,53	37,23	Não
Santa Maria Madalena	6	56,66	37,96	Sim
São José do Vale do Rio Preto	1	4,72	51,36	Não
Teresópolis	6	3,48	61,80	Sim

Dados: SES/RJ, INEA e ICMBio

A distribuição geográfica dos registros de PNH em relação aos casos autóctones de malária no estado ficou menos nítida devido ao grande número de municípios com o registro destes primatas; apesar disso é possível observar a presença de casos mais frequentes e em maior quantidade em locais com registro de PNH (Figura 23).

Figura 23 - Casos autóctones de malária no estado do Rio de Janeiro entre 2009 e 2019 e sua relação espacial com registro de Primatas Não-Humanos (PNH)



Dados: SES-RJ e ICMBio.

6 DISCUSSÃO

No Brasil, a malária é considerada um grave problema de saúde pública, com aproximadamente 99% dos casos concentrados na região Amazônica, na qual a principal vetor é o *An. darlingi* (Consoli & Lourenço-de-Oliveira 1994, Oliveira-Ferreira et al. 2010, Ministério da Saúde 2022b). O processo de migração recente de pessoas que se deslocam da região Amazônica e/ou de outros países para os diferentes estados brasileiros, incluindo o Rio de Janeiro, tem propiciado surtos e/ou epidemias da malária em região considerada extra-Amazônica (Forattini 2002, Ministério da Saúde 2007, Pina-Costa et al. 2014, Albuquerque et al. 2019). Sabe-se que para o estabelecimento da malária numa determinada região faz-se necessário que mosquitos do gênero *Anopheles*, *Plasmodium* e humanos suscetíveis convivam em simpatria, contribuindo assim para a manutenção e expansão em áreas consideradas indenes (Oliveira-Ferreira et al. 2010, Lorenz et al. 2015).

No estado do Rio de Janeiro a malária foi considerada endêmica até a década de 60, quando iniciativas de saúde pública do Programa de Erradicação da Malária no Brasil resultou na interrupção da transmissão em 1968 (Moraes 1990, Miguel et al. 2014). Contudo, casos de malária continuam sendo reportados no sistema de vigilância epidemiológica do estado, sendo a maioria importados de áreas endêmicas do Brasil ou de outros países, principalmente da África (Albuquerque et al. 2019, Ministério da Saúde 2022b). No Brasil, casos de malária autóctone têm sido reportados em diferentes estados, tais como São Paulo (Couto et al. 2010), Espírito Santo (Cerutti Jr 2007), Minas Gerais (Chaves et al. 1995), Santa Catarina (Machado et al. 2003), Paraná (Falavigna-Guilherme et al. 2005) e Rio de Janeiro (Miguel et al. 2014, Brasil et al. 2017, Albuquerque et al. 2019).

No presente estudo, foram identificados um total de 108 casos autóctones de malária do estado do Rio de Janeiro compreendidos entre 2009 e 2019, correspondendo a 12,43% dos casos totais detectados no mesmo período. Ademais, nas nossas análises observamos que o comportamento da curva de casos da malária autóctone do estado do Rio de Janeiro foi diferente dos registrados no mundo e no Brasil (Apêndice B) (WHO 2021, Ministério da Saúde 2022b). Os casos de malária no Brasil e no mundo possuem um comportamento muito semelhante, especialmente até 2014, com o declínio da incidência. Esse comportamento foi similar aos dos casos registrados na região extra-Amazônica, apresentando uma diferença em 2015 devido

a um surto de casos de malária no estado do Espírito Santo, o que fez a curva ficar mais acentuada neste ano com incidência maior do que em 2010 (ano de maior incidência no período dos casos brasileiros e mundiais). Já os casos autóctones do estado do Rio de Janeiro, apresentaram uma incidência ligeiramente crescente até 2014 com aumento em 2015, 2016 e 2017 e diminuição em 2018 e 2019. Ademais, observamos a diferença entre casos importados e casos autóctones no estado, com maior número de importados entre 2009 e 2014 (556 casos ou 73,06% do total), contrastando com o menor número de autóctones neste período (32 casos ou 29,63% do total).

A análise comparativa dos casos de malária autóctone do estado do Rio de Janeiro com os casos de malária do Brasil, do mundo e da região extra-Amazônica, incluindo os casos autóctones e importados do estado do Rio de Janeiro, pode ser observado no Apêndice B. De fato, observamos um comportamento destoante dos casos autóctones do estado em relação aos casos de malária do Brasil e do mundo, bem como dos originados fora do Rio de Janeiro, o que sugere que a dinâmica de transmissão autóctone do estado é pouco dependente dos casos importados, implicando em fatores locais como possíveis mantenedores do ciclo de transmissão da malária, estes fatores possivelmente estão ligados as características do principal vetor na região, o *An. cruzii*, que não é dominante na maioria das áreas de transmissão da malária (Forattini 2002) e ao agente etiológico, possivelmente diverso dos mais comuns na doença (Brasil et al. 2017). Ademais, nossas análises demonstraram que o agente etiológico mais comum (e quase a totalidade) foi o *P. vivax*, amplamente predominante no Brasil e nas Américas, entretanto permanece uma questão de identificação, especialmente na área de Mata Atlântica, pois essa espécie é morfológicamente similar ao *P. simium* (assim como *P. malariae* é similar ao *P. brasilianum* Gonder & von Berenberg-Gossler, 1908) (Coatney et al. 1971), o que levanta questões sobre o real agente etiológico de casos autóctones na área de Mata Atlântica (Brasil et al. 2017). Este achado é compatível com diversos trabalhos já citados anteriormente, entretanto, no presente estudo, não identificamos casos autóctones por *P. falciparum*, o que destoa dos resultados de estudos citados anteriormente (Miguel et al. 2014, Pina-Costa et al. 2014, Lorenz et al. 2015). Brasil et al. (2017) investigaram 49 casos autóctones de malária do estado do Rio de Janeiro

entre 2015 e 2016 e detectaram em 28 amostras *P. simium*, apontando a transmissão zoonótica desta espécie para humanos nesta região.

Nosso estudo retrospectivo identificou o acometimento mais comum da malária autóctone em adultos na faixa etária entre 30 e 59 anos (68,52%), seguido de adultos jovens entre 18 e 29 anos (15,74%), o que pode estar relacionado com atividades exercidas em área de floresta, além da maior prevalência observada na população brasileira nestas faixas etárias (IBGE 2010). Em relação ao sexo houve uma maior incidência em homens (79,63%) do que em mulheres (20,37%), provavelmente devido a atividade exercida no momento da infecção, como no caso da faixa etária. Esses achados corroboram com estudos prévios (Miguel et al. 2014, Braz et al. 2020). As características comportamentais dos indivíduos que contraíram a malária localmente demonstraram uma transmissão associada a fatores locais, pouco dependentes da população nativa; cerca da metade dos casos autóctones de malária foram em visitantes. Além disso, não observamos uma característica evidente em relação à atividade exercida no provável momento da infecção, embora a maioria dos indivíduos tenha citado turismo, viajante e “outros” (26,85%, 19,44%, 31,48%, respectivamente).

Estudos recentes (Pina-Costa et al. 2014, Lorenz et al. 2015, Carlos et al. 2019, Braz et al. 2020) abordaram diferentes e interessantes aspectos da malária extra-Amazônica. Em nosso estudo correlacionamos a evolução da incidência de casos autóctones nesta área com a evolução dos casos totais fora dela, sendo a relação feita neste estudo um achado interessante que necessita de maior entendimento. Com efeito, o ciclo da malária autóctone na Mata Atlântica é diferente do ciclo na região Amazônica e no Mundo, fato reforçado numa revisão sobre malária na região de Mata Atlântica (Buery et al. 2021). De fato, para que exista transmissão autóctone sustentada são necessários três fatores; o agente etiológico (algumas espécies de protozoários do gênero *Plasmodium*), o vetor (algumas espécies de mosquitos competentes do gênero *Anopheles*) e o hospedeiro (humanos e possivelmente PNH), fatores estes presentes no estado do Rio de Janeiro.

No estado do Rio de Janeiro, assim como em outras áreas da região extra-Amazônica, os casos de malária autóctone são principalmente associados ao Bioma Mata Atlântica, tendo como principal mosquito vetor a espécie *An. cruzii* (Consoli & Lourenço-de-Oliveira 1994, Pina-Costa et al. 2014, Lorenz et al. 2015, Carlos et al. 2019, Braz et al. 2020, Buery et al. 2021). Cabe ressaltar que a malária da região

extra-Amazônica é conhecida como “malária de bromélias”, visto que *An. cruzii* se cria principalmente nessas fitotelmatas e sua reprodução está associada à água que fica depositada nas axilas das folhas das bromélias e possivelmente à disponibilidade de alimentação sanguínea em primatas não-humanos, que ficam na copa das árvores, o que confere a espécie um comportamento acrodendrófilo. Ademais, também se alimenta dos hospedeiros humanos ao nível do solo (Consoli & Lourenço-de-Oliveira 1994, Pina-Costa et al. 2014, Azevedo et al. 2019).

Em relação ao levantamento entomológico, nossas análises revelaram que a espécie de anofelino encontrada na maioria dos municípios com registro deste gênero foi *An. cruzii*, (78,57%); esta espécie foi registrada em oito municípios com registros de casos autóctones de malária (57,14%), entretanto esses municípios compreendem 87,96% dos casos totais autóctones do estado do Rio de Janeiro no período, indicando uma relação entre casos de malária autóctone e a presença de *An. cruzii*, achado compatível com estudos anteriores (Pina-Costa et al. 2014, Carlos et al. 2019, Buery et al. 2021). *Anopheles cruzii*, além de ser conhecido como transmissor do paludismo ao homem, também é o único vetor naturalmente incriminado na transmissão da malária simiana tanto no Brasil como nas Américas (Deane et al. 1970, Brasil et al. 2017). Cabe ressaltar, que não seriam prováveis casos de malária autóctone sem a presença de fêmeas de anofelinos infectadas com *Plasmodium* spp., exceto no caso de transmissão por transfusão de sangue (malária induzida), transplante de órgãos (especialmente fígado), transmissão vertical (gestante para o filho durante a gestação) ou por meio do uso de seringas com sangue contaminado.

No nosso estudo, os municípios de Casimiro de Abreu, Conceição de Macabu, Magé, Resende, Santa Maria Madalena e São José do Vale do Rio Preto registraram casos autóctones de malária, porém no levantamento entomológico realizado a partir de dados secundários, não observamos registros de anofelinos entre 2009 e 2019. Por outro lado, os municípios de Itatiaia, Mangaratiba, Nova Iguaçu, Paraíba do Sul, Paraty e Rio de Janeiro registraram a presença de mosquitos anofelinos, mas sem a detecção de casos autóctones de malária entre o período de 2009 e 2019. Estas informações reforçam a necessidade de maiores investigações entomológicas, visando mapear as principais espécies de anofelinos nos municípios do estado do Rio de Janeiro e em especial nas áreas aonde ocorre transmissão autóctone da doença, mas sem identificação do vetor (seis municípios já citados anteriormente). É

necessário também fortalecer suspeição e capacidade diagnóstica para detecção de casos de malária, especialmente nos municípios com o vetor da doença, mas sem casos registrados (seis municípios).

Adicionalmente, os nossos dados revelaram uma correlação estatística significativa moderada (0.5143 Spearman) entre a porcentagem de florestas e os casos autóctones de malária do estado do Rio de Janeiro (Figura 20). Cabe ressaltar que apenas quatorze municípios do estado registraram casos autóctones, o que pode ter impactado nos resultados das análises. Adicionalmente, alguns municípios apresentaram elevada porcentagem de floresta (como por exemplo, Paraty com 91,12% de área florestada), porém não registraram casos autóctones de malária no período de estudo. Por outro lado, os municípios de Casimiro de Abreu e Conceição de Macabu apresentaram cada um deles apenas um caso autóctone de malária com porcentagem de floresta abaixo da média do estado.

Quanto à análise espacial da densidade de casos de malária autóctone, por meio dos mapas de Kernel (Figura 16), observamos que a maior densidade foi detectada no município de Nova Friburgo, pertencente a Mesorregião Centro Fluminense. Ademais, alguns municípios contíguos e com porcentagem de floresta acima da média para o estado não apresentaram número de casos proporcionais como Paraty, sem registro de casos autóctones de malária e que faz fronteira com Angra dos Reis com quatro casos (Mesorregião Sul Fluminense, atual Região da Costa Verde) ou Bom Jardim, sem registro de casos autóctones de malária, vizinho de Nova Friburgo com 37 casos (Mesorregião Centro Fluminense).

Apesar de diversos trabalhos abordarem a possível transmissão zoonótica da malária (Deane et al. 1966, Coatney et al. 1971, Escalante 2005, Duarte et al. 2008, Yamasaki et al. 2011, Araújo 2013, Antinori 2021) o impacto dessa transmissão na manutenção de um ciclo sustentável ainda necessita de maiores investigações. Em relação aos PNH, a maioria dos municípios com registros de casos autóctones de malária apresentou registro da presença de PNH (64,29%); a porcentagem nos municípios sem registros de casos autóctones foi de 32,05%. O elevado número de municípios sem registros de casos autóctones e o grande número de municípios com registro de PNH torna difícil demonstrar uma relação clara entre essas variáveis, o que nos impossibilitou neste trabalho de obter conclusões mais precisas quanto ao papel dos PNH na manutenção do ciclo de transmissão da malária.

Não foram avaliadas as diferentes espécies de plasmódios, entretanto vários estudos confirmam que algumas espécies de PNH dos gêneros *Cebus* e *Sapajus* (Família Cebidae), *Aotus* (Família Aotidae), *Callicebus* (Subfamília Callicebinae) e *Alouatta* (Subfamília Alouattinae) podem se infectar naturalmente com *P. simium* e/ou *P. brasilianum*. (Alvarenga et al. 2015, Brasil et al. 2017).

Na realização deste estudo houve limitações; uma delas foi em relação ao banco de dados secundários de malária, que apresentou ausência de completude em algumas variáveis, 29,33% das “colunas” que representavam as variáveis não obtiveram 100% de completude e 12% não foram usadas, apresentando 0% de completude; como por exemplo temos o local da provável infecção com 87,6% dos campos não preenchidos ou Bairro provável da infecção com 97,1% não preenchido.

Uma outra limitação foi o campo “autóctones”, que por definição do banco seriam aqueles em que o local provável de infecção seria o mesmo que o local de residência (preenchimento automático), resultando em dados de casos autóctones por local de residência e não da região do registro. Ainda, houve inconsistências que geraram dúvidas como códigos de localização geográfica não compatíveis com outros campos de localização da mesma informação. Outra dificuldade foi em relação às informações sobre os mosquitos anofelinos, pois um possível viés do nosso trabalho foi o número de pesquisas encontradas nas mesmas localidades e a ausência de estudos em outros municípios do estado. Para uma melhor compreensão da distribuição geográfica das espécies de anofelinos, seria importante investigações entomológicas sistemáticas e quali-quantitativa nos municípios do estado do Rio de Janeiro. Por fim, houve dificuldade em identificar a distribuição de PNH por município do estado, pois muitas informações estavam disponíveis, mas sem serem confirmadas ou organizadas, além de não apresentarem a localização por município.

Nossas análises evidenciaram que a malária autóctone do estado do Rio de Janeiro apresentou relação significativa moderada com a porcentagem de floresta, cobertura vegetal rica em gravatás, que são considerados hábitat larvários preferenciais dos *An. cruzii*, reforçando assim a necessidade de maiores estudos nessas áreas de Mata Atlântica. *Anopheles cruzii* foi a espécie predominante no levantamento entomológico, com base nas coleções entomológicas, dissertações, teses e artigos científicos publicados no período de 2009 a 2019, além do registro de outras espécies de mosquitos do gênero *Anopheles*. Ademais, observamos uma

sobreposição dos casos de malária autóctone e a presença do *An. cruzii*, o que indica sua importância para a manutenção do ciclo da doença autóctone no estado do Rio de Janeiro. Não observamos, por meio dos dados secundários, uma nítida relação entre a distribuição de PNH com os casos de malária autóctone, embora sejam necessárias maiores investigações de PNHs e dados primários de anofelinos para avaliar a extensão da ameaça zoonótica, conforme evidenciado por Brasil et al (2017).

Por fim, para uma melhor compressão da malária autóctone do estado do Rio de Janeiro é necessário o fortalecimento da vigilância epidemiológica e entomológica, a fim de propiciar estratégias que possam subsidiar a vigilância e controle da malária local.

7 CONCLUSÕES

- 1- O estado do Rio de Janeiro apresenta sua área ocupada de forma heterogênea, mas com grande porcentagem de cobertura florestal, que ocupa cerca de 1/3 do estado, quase seis vezes o que ocupa a área urbana;
- 2- Os casos de malária autóctones analisados no estado do Rio de Janeiro foram detectados mais em homens do que em mulheres e são principalmente ligados a atividades dentro das áreas florestadas, em muitos casos relacionadas ao turismo ecológico;
- 3- No levantamento entomológico, 14 municípios do estado do Rio de Janeiro registraram a presença de mosquitos do gênero *Anopheles*, sendo *An. cruzii* a espécie predominante;
- 4- Os casos de malária autóctone no estado do Rio de Janeiro apresentaram sobreposição parcial com a distribuição do registro de ocorrência de *An. cruzii*, área florestada do estado e, de forma menos clara, com a distribuição de primatas não-humanos.
- 5- A distribuição temporal dos casos autóctones de malária no estado do Rio de Janeiro não demonstrou um padrão similar com a evolução dos casos de malária registrados no Brasil, o que pode indicar um ciclo independente da doença no estado e, provavelmente em outras áreas de Mata Atlântica;
- 6- A ampliação dos estudos da vigilância epidemiológica sobre a malária autóctone e seus fatores determinantes são necessários para fortalecer a prevenção e o controle em áreas endêmicas e/ou em novos focos de malária no estado (e no sistema Mata Atlântica);
- 7- Nossos resultados apontam para a necessidade de maiores investigações entomológicas com foco nas espécies de anofelinos, com vistas a subsidiar as ações de vigilância e controle nas áreas com registro de casos autóctones de malária no estado do Rio de Janeiro como por exemplo no município de Santa Maria Madalena.

8 LIMITAÇÕES DO ESTUDO E PERSPECTIVAS

Os resultados deste trabalho foram obtidos através de análises de dados secundários sobre o meio ambiente, os vetores da malária, hospedeiros não humanos e casos da doença no estado do Rio de Janeiro. Entretanto os resultados foram limitados pela falta de dados ou detalhamento sobre a fauna anofélica, assim como dos PNH em muitos municípios do estado. Ademais, foi observado uma desigualdade dos dados disponíveis entre os municípios e falta de estudos que englobem todo o estado e não apenas áreas específicas. Com efeito, a perspectiva deste trabalho é oferecer informações que favoreçam estratégias de saúde para o combate à doença assim como reforçar a importância da vigilância epidemiológica e fomentar mais pesquisas científicas nas áreas afins à deste trabalho no estado, e em especial, nos municípios sem maiores informações sobre a fauna de mosquitos anofelinos e a presença de PNH. Novas pesquisas devem ser desenvolvidas para aprimorar essas ações de vigilância que permitam prever a apresentação de surtos de malária nesta área de baixa transmissão e fundamentalmente, evitar a reintrodução da doença.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU et al 2019. Howler monkeys are the reservoir of malarial parasites causing zoonotic infections in the Atlantic forest of Rio de Janeiro. PLoS Neglected Tropical Diseases, v. 13, n. 12, e0007906. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosntds/article/file?id=10.1371/journal.pntd.0007906&type=printable>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

AHMED, M. A.; COX-SINGH J. Plasmodium knowlesi – an emerging pathogen. ISBT Science Series, v. 10 (Supl 1), p. 134–140, abril 2015. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/voxs.12115>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

ALBUQUERQUE, H. G. Determinantes da malária no estado do Rio de Janeiro com ênfase numa área com endemidade pretérita: vigilância epidemiológica e entomológica para avaliação do risco da reintrodução da doença. 2017. 140 f. Tese (Doutorado em medicina tropical)-Fundação Oswaldo Cruz, Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/26990/2/hermano_albuquerque_ioc_dout_2018.pdf. Acesso em: 22 de abril de 2022.

ALBUQUERQUE, H. G. et al. Imported malaria in Rio de Janeiro state between 2007 and 2015: an epidemiologic approach. Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, v. 114, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/mioc/a/Mrh3wbvvC6cK8sjngZ4KWBk/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

ALENCAR, J et al. Biodiversity and Temporal Distribution of Immature Culicidae in the Atlantic Forest, Rio de Janeiro State, Brazil. PLoS ONE, v. 11, n. 7, julho 2016, e0159240. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0159240&type=printable>. Acesso em: 09 de junho de 2022.

ALL THE WORLD'S PRIMATES_Primate Conservation Inc., Charlestown RI. Home page. Disponível em: www.alltheworldsprimates.org. Acesso em: 14 de fevereiro de 2022. Acesso em: 22 de abril de 2022.

ALVARENGA, D. A. M., et al. Simian malaria in the Brazilian Atlantic forest: first description of natural infection of capuchin monkeys (Cebinae subfamily) by *Plasmodium simium*. Malaria Journal, v. 14, n. 1, p. 606, 2015. Disponível em: <https://malariajournal.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s12936-015-0606-6.pdf>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, N. 6, p. 711–728, janeiro 2014. Disponível em: https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil. Acesso em: 22 de abril de 2022.

ANTINORI, S. et al. Non-human primate and human malária: past, present and future. Journal of Travel Medicine, v. 28, n. 5, julho 2021. Disponível em: <https://academic.oup.com/jtm/article/28/5/taab036/6162451>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

ARAÚJO, M. S. Estudo da malária de primatas não humanos e sua relação com a malária humana no Estado de Rondônia, Amazônia Ocidental Brasileira. 2013. 80f. Doutorado em Biologia Experimental - Programa de Pós-Graduação em Biologia Experimental (PGBIOEXP), Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Porto Velho, 2013. Disponível em: <https://www.ri.unir.br/jspui/bitstream/123456789/283/1/MAISA%20S%20ARAUJO%20-%20Tese%20Doutorado%202013.pdf>. Acesso em: 09 de fevereiro de 2022. Acesso em: 22 de abril de 2022.

AZEVEDO, T.S. et al. *Kerteszia cruzii* and extra-Amazonian malaria in Brazil: Challenges due to climate change in the Atlantic Forest, Infection, Genetics and Evolution (2019), Disponível em: (e-mail fiocruz) <https://www.researchgate.net/publication/342879735> *Kerteszia cruzii* and extra-Amazonian malaria in Brazil Challenges due to climate change in the Atlantic Forest. . Acesso em 2021.

BARROS, F. S. M.; HONÓRIO, N. A.; ARRUDA M. E. Mosquito Anthropophily: Implications on Malaria Transmission in the Northern Brazilian Amazon. Neotropical Entomology, v. 39, n. 6, p. 1039-1043, dezembro 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/ij/ne/a/wfvjpZh8cgpQRbxtz8stv3j/?format=pdf&lang=en>.

Acesso em: 22 de abril de 2022.

BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE 2003. Programa Nacional de Prevenção e Controle da Malária PNCM. Secretaria de Vigilância em Saúde, Brasília, 2003. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/programa_nac_prev_malaria.pdf.

Acesso em: 22 de abril de 2022.

BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE 2006. Ações de controle da malária - Manual para profissionais de saúde na atenção básica. Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica. Brasília, p.41. 2006. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/acoes_controle_malaria_manual.pdf.

Acesso em: 22 de abril de 2022.

BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE 2020. Guia de tratamento da malária no Brasil 2020, Brasil. 2º edição, MS, Brasília, 2020. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/publicacoes-svs/malaria/guia_tratamento_malaria_2nov21_isbn_site.pdf/view. Acesso em: 22 de abril de 2022.

BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE 2021a. Guia de Vigilância em Saúde 2021, Brasil. 5ª edição, MS, Brasília, capítulo 8, p. 839-872, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/publicacoes-svs/vigilancia/guia-de-vigilancia-em-saude_5ed_21nov21_isbn5.pdf/view. Acesso em: 22 de abril de 2022.

BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE 2022a. Malária. 2022. <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/m/malaria>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE 2022b. Dados para o Cidadão, Brasil. 2022. Disponível em: https://public.tableau.com/app/profile/mal.ria.brasil/viz/Dadosparacidado_201925_03_2020/Inicio. Acesso em: 22 de abril de 2022.

BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Mata Atlântica. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/biomas/mata-atlantica_emdesenvolvimento. Acesso em: 22 de abril de 2022.

BRASIL, P. et al 2017. Outbreak of human malaria caused by *Plasmodium simium* in the Atlantic Forest in Rio de Janeiro: a molecular epidemiological investigation. *Lancet Global Health*, v. 5, n. 10, p. 1038-1046, outubro 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214109X17303339#bib4>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

BRAZ, A. R. P. et al. Caracterização dos casos de malária na região extra-Amazônica brasileira entre 2012 e 2017. *Journal of Management & Primary Health Care (JMPHC)*, v. 12, n.5 (versão eletrônica), 2020. Disponível em: <https://www.jmphc.com.br/jmphc/article/view/954/878>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

BUERY, J.C. et al. Atlantic Forest Malaria: A Review of More than 20 Years of Epidemiological Investigation. *Microorganisms*, v. 9, n. 1 (132), janeiro 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/microorganisms9010132>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

CAMARGO, E. P. Malária, maleita, paludismo. *Ciência e Cultura*. São Paulo, v. 55, n. 1, p. 26-29, Janeiro 2003. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252003000100021&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 22 de abril de 2022.

CAMARGO, E. P. Doenças tropicais. *Estudos Avançados*, v. 22, n. 64, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000300007>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

CARLOS, B. C. et al. A comprehensive analysis of malaria transmission in Brazil, *Pathogens and Global Health*, v. 113, n. 1, p. 1-13, 2019. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/epub/10.1080/20477724.2019.1581463?needAccess=true>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

CARVALHO, F. F.; RACHOU R. G. Considerações sobre a malária no Estado do Rio de Janeiro com especial referência ao Vale do Rio Piraí. *Revista Brasileira Malariologia, Doenças Tropicais* v. 3, p. 473-487, 1950.

CATALOGUE OF LIFE. Catalogue of Life Checklist. Disponível em: <https://www.catalogueoflife.org/data/search?extinct=false&extinct=&facet=rank&facet=issue&facet=status&facet=nomStatus&facet=nameType&facet=field&facet=authorship&facet=extinct&facet=environment&limit=50&offset=0&q=anopheles&rank=species&sortBy=taxonomic&status=accepted>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

CDC 2020. Malaria. Centers for Disease Control and Prevention (CDC), Estados Unidos da América. 2020. Disponível em: <https://www.cdc.gov/malaria/about/biology/index.html>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

CDC 2021. Malaria's Impact Worldwide. Centers for Disease Control and Prevention (CDC), Estados Unidos da América. 2021. Disponível em: https://www.cdc.gov/malaria/malaria_worldwide/impact.html. Acesso em: 22 de abril de 2022.

CEPERJ 2019 - Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro. Regiões de Governo do Estado do Rio de Janeiro. Coordenadoria de Políticas Sociais. Disponível em: https://www.ceperj.rj.gov.br/?page_id=262. Acesso em: 22 de abril de 2022.

CEPERJ - Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação dos Servidores Públicos do Rio de Janeiro. O estado do Rio de Janeiro e seu Ambiente. ICMS Ecologico. Coordenadoria de Políticas Sociais. Disponível em: https://www.ceperj.rj.gov.br/?page_id=3320. Acesso em: 22 de abril de 2022.

CERUTTI JR, C. Caracterização epidemiológica da malária autóctone do Espírito Santo. Tese (doutorado) — Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. Departamento de Moléstias Infecciosas e Parasitárias, São Paulo 2007. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/5/5134/tde-21062007-151653/publico/CrispimCeruttiJuniorDoutorado.pdf>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

CHAVES, K. M. et al. Malaria in the State of Minas Gerais, Brazil, 1980-1992. Caderno de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 11, n. 4, p. 621-623, out/dez, 1995. Disponível em: <https://www.scielosp.org/pdf/csp/1995.v11n4/621-623/pt>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

CHAVES, L.S.M et al. Global consumption and international trade in deforestation-associated commodities could influence malaria risk. Nature Communications, v. 11, n. 1258, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41467-020-14954-1>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

CLIKCGEO. Introdução aos Mapas de Kernel. Disponível em:
<https://www.clickgeo.com.br/mapas-de-kernel-parte-1/>. Acesso em 17 de fevereiro de 2022.

COATNEY, G. R. et al. The primate malarias [original book published 1971], versão digital. Division of Parasitic Disease, producers. Eletronic Version 1.0. Atlanta, GA: CDC; 2003. Disponível em:
https://www.mcdinternational.org/trainings/malaria/english/DPDx5/HTML/PDF_Files/PrimateMalariasChapters/primate_24.pdf. Acesso em: 22 de abril de 2022.

CONSOLI, R.; LOURENÇO-DE-OLIVEIRA R. Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil. Rio de Janeiro: Fiocruz, 1994. Disponível em:
<https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/2708>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

CORREA, F. F. et al. Mosquito Communities in Nova Iguaçu Natural Park, Rio de Janeiro, Brazil. Journal of the American Mosquito Control Association, v. 30, n. 2), p. 83-90, 2014. Disponível em:
<https://bunker2.zlibcdn.com/dtoken/ce276940ca4a89db3382cf83b7224a41>. Acesso em: 09 de junho de 2022.

COUTO, R. D. et al. Malária autóctone notificada no Estado de São Paulo: aspectos clínicos e epidemiológicos de 1980 a 2007. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical v. 43, n. 1, p. 52-58, jan-fev, 2010 Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rsbmt/a/wDMKsFGbpfnd39tMyYwhhrM/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

CPB-ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Primatas Brasileiros (CPB). Disponível em:
<https://www.icmbio.gov.br/cpb/index.php/primatas-brasileiros>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

DEANE, L. M.; DEANE, M. P.; FERREIRA NETO, J. Studies on transmission of simian malaria and on the natural infection of man with *Plasmodium simium* in Brazil. Bulletin World Health Organization, v. 35, n. 5, p. 805-808, 1966. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2476224/pdf/bullwho00608-0151.pdf>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

DEANE, L. M. Malaria vectors in Brazil. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, v. 81, p. 5-14, 1986. Disponível em: https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/42810/2/LeonidaM_Deane_IOC_1986.pdf. Acesso em: 22 de abril de 2022.

DEANE, L. M. Simian malaria in Brazil. Memorias do Instituto Oswaldo Cruz, v. 87, s. 3, p. 1-20, 1992. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/mioc/a/jYWypSzm86krsdYrqVDWjmq/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

DUARTE, A. M. R. C. et al. Natural *Plasmodium* infections in Brazilian wild monkeys: Reservoirs for human infections? Acta Tropical, v. 107, i. 2, p. 179–185, 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0001706X08001654?via%3DiHub>. Acesso em: 2021.

ESCALANTE, A. A. et al. A monkey's tale: the origin of *Plasmodium vivax* as a human malária parasite. Proceedings of the National Academy of Sciences of U S A. (PNAS), fevereiro 2005; v. 102, n. 6, p. 1980-1985. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC548581/pdf/pnas-0409652102.pdf>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

ESCOLA EDUCAÇÃO. Mapa do estado do Rio de Janeiro. R7. Disponível em: <https://escolaeducacao.com.br/mapa-do-rio-de-janeiro/>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

ESRI 2013 - Environmental Systems Research Institute. ArcGIS 10.2 Delivers Transformational Capabilities. Disponível em: <https://www.esri.com/about/newsroom/announcements/arcgis-102-delivers-transformational-capabilities/>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

ESTRADA, A; GARBE, r P. A.; CHAUDHARY, A. Expanding global commodities trade and consumption place the world's primates at risk of extinction. PeerJ n. 7, e7068. Junho 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.7717/peerj.7068>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

FALAVIGNA-GUILHERME, A. L. et al. Retrospective Study of Malaria Prevalence and Anopheles Genus in the Area of Influence of the Binational Itaipu Reservoir. Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo, v. 47, n. 2, p. 81-86, março-abril, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rimtsp/a/7WWkhYcRBwqJydk5r6GzJpJ/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

FORATTINI, O. P. Culicidologia médica: Identificação, Biologia, Epidemiologia, Vol. II. Universidade de São Paulo, São Paulo, 864 pp, 2002.

FRANÇA, T. C. C.; MARTA, G. S.; FIGUEROA-VILLAR, J. D. Malária: aspectos históricos e quimioterapia. Quim Nova, v. 31, n. 5, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422008000500060>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

FRANCIS, E. G. C. History of the discovery of the malária parasites and their vectors. Parasites & Vectors, v. 3, n. 5, 2010. Disponível em: <http://www.parasitesandvectors.com/content/3/1/5>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

FREITAS, E. Aspectos naturais do Estado do Rio de Janeiro. *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/brasil/aspectos-naturais-estado-rio-janeiro.htm>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

GOMES, E.C et al. Outbreak of autochthonous cases of malaria in coastal regions of Northeast Brazil: the diversity and spatial distribution of species of *Anopheles*. *Parasites Vectors* v. 13, n. 621, dezembro 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s13071-020-04502-7>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

GOUVEIA, S. F. et al. Forest structure drives global diversity of primates. *Journal of Animal Ecology*, v. 83, p. 1523–1530, 2014. Disponível em: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/1365-2656.12241>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

GEODA. An Introduction to Spatial Data Science. Introducing GeoDa 1.20. Disponível em: <https://geodacenter.github.io/>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

HARBACH, R. E. & KITCHING, I. J. (2005) Reconsideration of anopheline mosquito phylogeny (Diptera: Culicidae: Anophelinae) based on morphological data. *Systematics and Biodiversity*, v. 3, n. 4, p. 345-374, novembro 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Ralph-Harbach/publication/248623376_Reconsideration_of_anopheline_mosquito_phylogeny_Diptera_Culicidae_Anophelinae_based_on_morphological_data/links/00b7d51e2d4e493bf6000000/Reconsideration-of-anopheline-mosquito-phylogeny-Diptera-Culicidae-Anophelinae-based-on-morphological-data.pdf. Acesso em: 22 de abril de 2022.

HARBACH, R. E. 2013. The phylogeny and classification of *Anopheles*. *Anopheles* mosquitoes - New insights into malaria vectors [Internet] (Manguin, S., editor). London, IntechOpen, julho 2013. Disponível em: <https://www.intechopen.com/chapters/41407>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

HARBACH, R. E. 2022. Mosquito Taxonomic Inventory. Available from: <http://mosquito-taxonomic-inventory.info>. Acesso em: 9 de junho de 2022.

HEMPELMANN, E. History of Malaria. Researchgate. 2010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/318462846>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

HOCHMAN, G.; MELLO, M.T.B.D.; SANTOS, P.R.E.D. A malária em foto: imagens de campanhas e ações no Brasil da primeira metade do século XX. História, Ciência e Saúde - Manguinhos, Casa Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz, v. 9, p. 233-273, 2002. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/24128/2/pdf10.pdf>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

IBF 2020 - Instituto Brasileiro de Florestas (IBF). Disponível em: <https://www.ibflorestas.org.br/bioma-mata-atlantica>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

IBGE 2010 - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sinopse dos Resultados do Censo 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/webservice/>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

IBGE 2018 – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Atlas Geográfico Escolar, Rio de Janeiro, 8ª edição, p. 173, 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/atlas/nacional/16633-atlas-geografico-escolar.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

IBGE 2022 – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rj.html>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

ICMBIO 2019 - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Monitoramento da visitação em Unidades de Conservação Federais: Resultados de 2019 e breve panorama histórico. ICMBio, Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasil, maio 2020. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/comunicacao/publicacoes/monitoramento_visitacao_em_ucf_federais_resultados_2019_breve_panorama_historico.pdf. Acesso em: 22 de abril de 2022.

ICMBIO - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Portal da Biodiversidade. ICMBio, Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasil. <https://portaldabiodiversidade.icmbio.gov.br/portal/search>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

INEA, Instituto Estadual do Ambiente. Portal Geolnea. Disponível em: <https://inea.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=00cc256c620a4393b3d04d2c34acd9ed>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

JULES J. R. et al. 2019. Species Diversity and Abundance of Anopheles (Nyssorhynchus) (Diptera: Culicidae) in Cachoeiras de Macacu Municipality, Rio de Janeiro State: An Area of the Atlantic Forest Receptive and Vulnerable to Malaria *Journal of Medical Entomology*, v. 56, n. 3, p. 849-858, janeiro 2019. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/35634>. Acesso em: 2021.

LAPORTA, G. Z. et al. Habitat suitability of Anopheles vector species and association with human malaria in the Atlantic Forest in south-eastern Brazil. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro, v. 106 (supl. 1), p. 239-245, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/mioc/a/6jDHRjQRR9tPCP9S8dy4SRb/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

LORENZ, C. et al. Spatial and temporal epidemiology of malaria in extra-Amazonian regions of Brazil. *Malaria Journal*, v. 14, n. 408, 2015. Disponível em: <https://malariajournal.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s12936-015-0934-6.pdf>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

MACHADO L. R. D. et al. Malária em região extra Amazônica: situação no Estado de Santa Catarina. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v. 36, n. 5, p. 581-586, set-out, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rsbmt/a/Fs9kk8SNMwLmQBGWXvTcP9G/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

MARQUES, T.C. et al. Mosquito (Diptera: Culicidae) assemblages associated with *Nidularium* and *Vriesea* bromeliads in Serra do Mar, Atlantic Forest, Brazil. *Parasites Vectors*, v. 5, n. 41, fevereiro 2012. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-5-41>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

MIGUEL, R. B. et al. Malaria in the state of Rio de Janeiro, Brazil, an Atlantic Forest area: an assessment using the health surveillance service. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v.109, n. 05, 2014. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/10130>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

MORAES, H. F. 1990. *SUCAM sua origem sua história*, 2nd ed., Ministério da Saúde, Brasília. 1990.

OLIVEIRA-FERREIRA, J. et al. Malaria in Brazil: an overview. *Malaria Journal*, v. 9, n. 115, 2010. Disponível em: <http://www.malariajournal.com/content/9/1/115>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

ONU NEWS. Primeira vacina contra a malária passa em testes com resultado “seguro e eficaz”. Organização da Nações Unidas, 6 de outubro de 2021. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2021/10/1765662>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

PEARSON, R. D. Malaria. Manual MSD (Merck Sharp & Dohme Corp) para profissionais de saúde. Abril 2019. Disponível em: <https://www.msdmanuals.com/pt-br/profissional/doen%C3%A7as-infecciosas/protozo%C3%A1rios-extraintestinais/mal%C3%A1ria>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

PINNA-COSTA, A. et al. Malaria in Brazil: what happens outside the Amazonian endemic region, *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v. 109, n. 5, p. 618-633, agosto 2014. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/10128/2/Malaria%20in%20Brazil%20What%20happens%20outside%20the%20Amazonian%20endemic%20region.pdf>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

PÓVOA, M. M. et al. Malaria vectors, epidemiology, and the re-emergence of *Anopheles darlingi* in Belém, Pará, Brazil. *Journal of Medical Entomology*, v. 40, n. 4, p. 379-86, julho 2003. Disponível em: <https://academic.oup.com/jme/article/40/4/379/996531>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

PÓVOA, M. M. et al. The importance of *Anopheles albitarsis* E and *An. darlingi* in human malaria transmission in Boa Vista, state of Roraima, Brazil, *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro, v. 101 (supl. 2), p. 163-168, março 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/ijmioc/a/Cq7wK4RXzBpJkWf3gdYMBVx/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

QGIS - Quantun Geographic Information System. QGIS Association. Disponível em: <http://www.qgis.org>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

RTS,S Clinical Trials Partnership. *The Lancet*, v. 386, n. 9988, p. 31-45, julho 2015. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)60721-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60721-8). Acesso em: 22 de abril de 2022.

RUEDA, L. M. Global diversity of mosquitoes (Insecta: Diptera: Culicidae) in freshwater. *Hydrobiologia*. v. 595, p.477–487, janeiro 2008. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.554.9727&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

SALLUM, M. A. M.; SCHULTZ, T. R.; WILKERSON, R. C. Phylogeny of Anophelinae (Diptera Culicidae) Based on Morphological Characters, *Annals of the Entomological Society of America*, v. 93, n. 4, p. 745–775, julho 2000. Disponível em: [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2000\)093\[0745:POADCB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2000)093[0745:POADCB]2.0.CO;2). Acesso em: 22 de abril de 2022.

SANTOS, R. L. C. D. et al. Inquérito entomológico e infectividade durante epidemia de malária no município de Anajás, Estado do Pará. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, v. 38, n. 2, p. 202-204, abril 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rsbmt/a/ymRhg5kN77ZvY7kBHt7WPmb/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

SES/RJ – Secretaria de Estado de Saúde do Rio de Janeiro, Brasil, 2020.

SES/RJ 2018 - Secretaria de Estado de Saúde do Rio de Janeiro. Informe Epidemiológico 020/2018 – Febre Amarela do Centro de Informações Estratégicas de Vigilância em Saúde/Unidade de Resposta Rápida (CIEVS/URR). Disponível em: <http://www.riocomsaude.rj.gov.br/Publico/MostrarArquivo.aspx?C=L4wqOoj4OVw%3D>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

SILVA, J. S. et al. Mosquito fauna of the Guapiaçu Ecological Reserve, Cachoeiras de Macacu, Rio de Janeiro, Brazil, collected under the influence of different color CDC light traps. Journal of Vector Ecology, v. 38, n. 2, p. 384-394, dezembro 2014. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/jvec.12114>. Acesso em: 09 de junho de 2022.

SILVA-NUNES, M. et al. Amazonian malaria: Asymptomatic human reservoirs, diagnostic challenges, environmentally-driven changes in mosquito vector populations, and the mandate for sustainable control strategies. Acta Trop v. 121, p. 281-291, 2012. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3308722/pdf/nihms360788.pdf>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

SINAN - Sistema De Informação De Agravos De Notificação, Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica, Centro de Informações Estratégicas em Vigilância em Saúde. Disponível em: <https://Portalsinan.Saude.Gov.Br/Malaria>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

SINGH, B. et al. A large focus of naturally acquired Plasmodium knowlesi infections in human beings. The Lancet, v. 363, n. 9414, p. 1017-1024, março 2004. Disponível em: [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(04\)15836-4/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(04)15836-4/fulltext). Acesso em: 22 de abril de 2022.

SINKA, E. M. et al. A global map of dominant malaria vectors. Parasites & Vectors, v. 5, n. 69, 2012. Disponível em: <http://www.parasitesandvectors.com/content/5/1/69>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

SNIF 2020 - Sistema Nacional de Informações Florestais, Serviço Florestal Brasileiro, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <https://snif.florestal.gov.br/pt-br/component/content/article/135-florestas-e-recursos-florestais/dados-complementares-florestas-naturais/251-os-biomas-e-suas-florestas-mata-atlantica-mapas?Itemid=>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

SOS Mata Atlântica/INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) 2021. Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica - Relatório Técnico - PERÍODO 2019-2030. São Paulo 2021. Disponível em: <https://cms.sosma.org.br/wp-content/uploads/2021/05/SOSMA-Atlas-da-Mata-Atlantica-2019-2020.pdf>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

*SPECIESLINK** 2022. Disponível em: <https://specieslink.net/>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

THE R PROJECT FOR STATISTICAL COMPUTING, Home page. Disponível em: <https://www.r-project.org/>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

VERONESI. Tratado de Infectologia (editor científico Roberto Focaccia). Editora Atheneu, São Paulo. 5ª edição, volume 3, capítulo 95 (malária), p. 1889-1944, 2015.

WHO 2021. Malária. World Health Organization (WHO). 2021. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/malaria>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

WHO World malaria report 2021. World Health Organization (WHO) 2022. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240040496>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

WILLIAMS, J.; PINTO, J. Manual de Entomologia da Malária Para Técnicos de Entomologia e Controlo de Vetores, Research Triangle Institut (RTI). Setembro de 2012. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/node/56770>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

WRBU. Walter Reed Biosystematics Unit. *Anopheles* Meigen, 1818. Disponível em: <https://wrbu.si.edu/vectorspecies/genera/anopheles>. Acesso em: 09 de fevereiro de 2022. Acesso em: 22 de abril de 2022.

YAMASAKI, T. et al. Detection of etiological agents of malária in howler monkeys from Atlantic Forests, rescued in regions of São Paulo city, Brazil. *Journal of Medical Primatology*. v. 40, i. 9, p. 392–400, 2011. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1600-0684.2011.00498.x>. Acesso em: 2021.

* Datas de acesso são referentes a última entrada no referido endereço eletrônico.

** Rede *SpeciesLink* é um sistema distribuído de informação que integra dados primários de coleções científica com apoio das seguintes instituições: Instituição Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), *Global Biodiversity Information Facility (GBIF)*, *J.R.S. Biodiversity Foundation (JRS)*, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP) e Centro de Referência em Informação Ambiental (CRIA).

10 APÊNDICE

APÊNDICE A - REGISTROS DE OCORRÊNCIA DE MOSQUITOS DO GÊNERO ANOPHELES SPP NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO ENTRE 2009 E 2019

Título	Autores	Veículo	Período do estudo	Local (Município)	Culicidae Total	Espécie	Abundância	Estágio	Método de Coleta	Observações
Feeding patterns of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in six Brazilian environmental preservation areas	Júlia dos Santos Silva, Jeronimo Alencar, Janira Martins Costa, Elias Seixas-Lorosa e Anthony Érico Guimarães	Journal of Vector Ecology December 2012 Vol. 37, no. 2, p342-350.	2011 (anterior a 2012)	PNSO (Teresópolis, Petrópolis, Magé e Guapimirim). Coleta em Guapimirim	647	<i>An. (Ker.) cruzii</i>	11	Adulta	Armadilha Shannon	Pesquisa sobre hábitos alimentares do mosquito, sem informação sobre coleta ou a data da mesma (apenas as áreas de coleta), ano de publicação foi 2012.
Investigação de casos de malária autóctone na Mata Atlântica do Estado do Rio de Janeiro de 2006 a 2013	Anielle de Pina Costa Orientadoras: Dr ^a . Patrícia Brasil Dr ^a . Martha Cecília Suarez-Mutis.	Tese de Doutorado Pesquisa Clínica em Doenças Infecciosas do Instituto Nacional de Infectologia Evandro Chagas	Jan-Jun/2012	Guapimirim	8	<i>An. (Ker.) cruzii</i>	7	Adulta	Armadilha Shannon com isca animal	*Em ambos os casos houve discrepância de dois indivíduos (para menos) em relação a soma dos indivíduos das espécies encontradas ** não ficou claro se as formas foram imaturas ou adultas, provavelmente as adultas capturadas por Armadilha Shannon
						<i>An. (Nys.) parvus</i>	1	Adulta		
			Set/2011	Cachoeiras de Macacu	18	<i>An. (Nys.) aquasalis</i>	11	Adulta	Armadilha Shannon	
						<i>An. (Nys.) albitarsis</i>	5			
						<i>An. (Nys.) triannulatus</i>	2			
			Jul/2012	Nova Friburgo	31	<i>An. (Ker.) cruzii</i>	30	Imatura	Concha entomológica	
						<i>An. (Nys.) oswaldoi</i>	1	Adulta	Armadilha Shannon com isca animal	
			Nov/2011-Abr/2013	Macaé	247*	<i>An. (Ker.) cruzii</i>	239	Adulta	Armadilha Shannon com isca animal	
<i>An. (Nys.) lutzi</i>	1	Adulta								
<i>An. (Nys.) parvus</i>	5	Adulta								

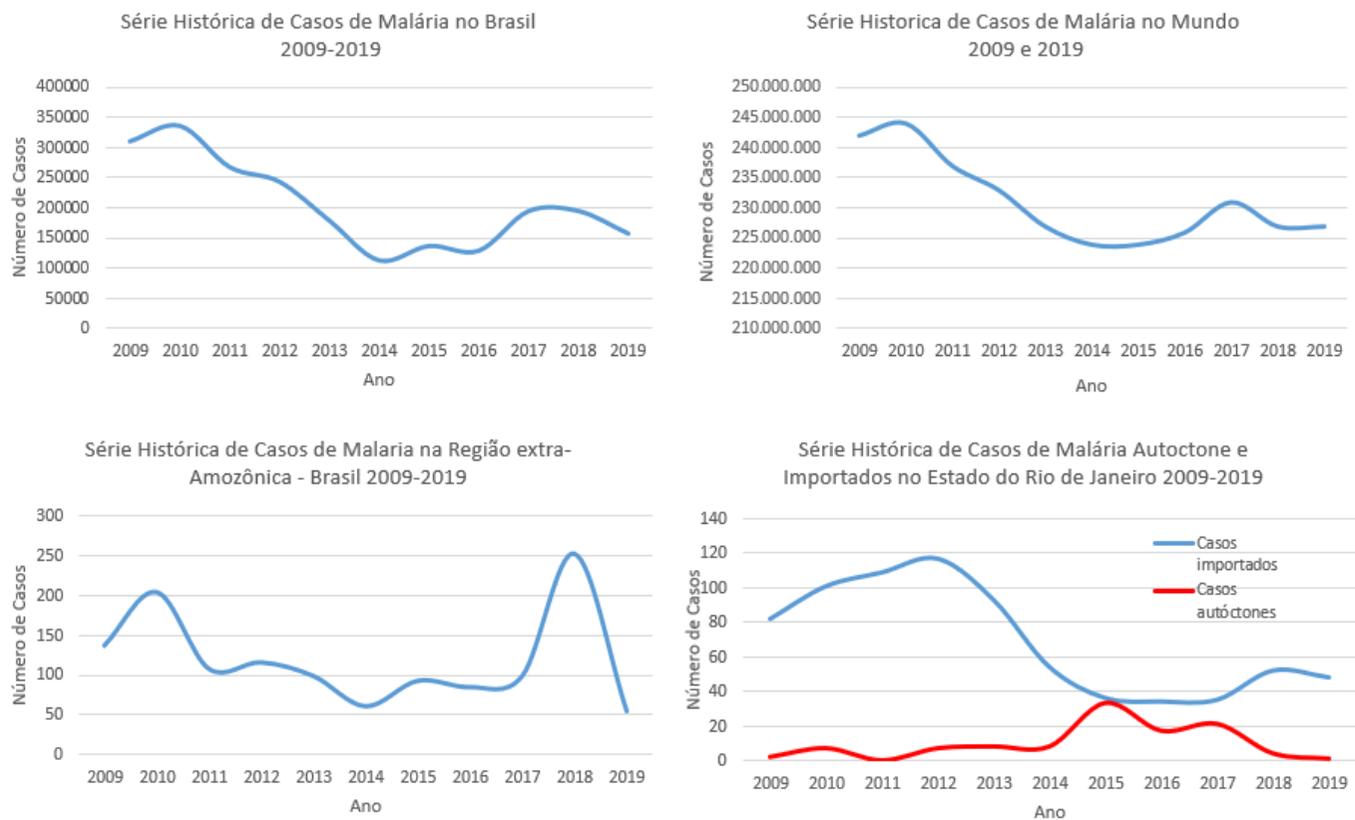
						<i>An. (Nys.) argyritarsis</i>	3	Adulta		
						<i>An. (Nys.) galvaoi</i>	1	Adulta		
					22*	<i>An. (Nys.) parvus</i>	6	**	**	
						<i>An. (Nys.) argyritarsis</i>	1	**	**	
						<i>An. (Nys.) rangeli</i>	10	**	**	
						<i>An. (Nys.) strodei</i>	2	**	**	
						<i>An. (Nys.) evansae</i>	4	**	**	
						<i>An. (Nys.) benarrochi</i>	1	**	**	
Mosquito fauna of the Guapiaçu Ecological Reserve, Cachoeiras de Macacu, Rio de Janeiro, Brazil, collected under the influence of different color CDC light traps	Júlia dos Santos Silva, Márcia Souto Couri, Alessandro Ponce de Leão Giupponi, e Jeronimo Alencar	Journal of Vector Ecology 39 (2): 384-394. 2014.	Fev/2012-Jan/2013	Cachoeiras de Macacu	8170	<i>An. (Nys.) albitarsis</i>	Número não especificado*	Adulta	Armadilhas CDC	* O número de indivíduos das espécies de anofelinos identificadas não foi quantificada (foram agrupadas em um grupo com outras espécies ("Outros").
						<i>An. (Nys.) aquasalis</i>				
						<i>An. (Nys.) argyritarsis</i>				
						<i>An. (Nys.) evansae</i>				
						<i>An. (Nys.) rangeli</i>				
						<i>An. (Nys.) strodei</i>				
						<i>An. (Nys.) triannulatus</i>				
						<i>An. (Ker) cruzii</i>				
						<i>An. (Ano.) eiseni</i>				
						<i>An. (Ano.) medialis</i>				
<i>An. (Ste.) nimbus</i>										
Cryptic diversity in an Atlantic Forest malaria vector from the mountains of South-East Brazil	Guilherme de Rezende Dias, Thais Tenorio Soares Fujii, Bernardo Fernandes Fogel, Ricardo	Parasites & Vectors (2018) 11:36 DOI 10.1186/s13071-018-2615-0	2012/2013	Guapimirim	63	<i>An. (Ker.) cruzii</i>	17	Imatura	Não especificado*	* Provavelmente pipeta ou sifão (coleta em bromélias)
				Macaé (Sana)			17			

	Lourenço-de-Oliveira, Teresa Fernandes Silva-do-Nascimento, André Nóbrega Pitaluga, Carlos José Carvalho-Pinto, Antonio Bernardo Carvalho, Alexandre Afrânio Peixoto e Luísa Damazio Pitaluga Rona			Nova Iguaçu (Tinguá)			19	Adulta e Imatura	Não especificado	
				Itatiaia			10			
Análise da fauna de mosquitos do gênero <i>Anopheles</i> Meigen (Diptera: Culicidae) no Município de Mangaratiba, Estado do Rio de Janeiro	Aluno: Roberto Souza dos Santos Orientadora: Dr ^a . Martha Cecília Suárez-Mutis	Monografia - Programa de Pós-Graduação Lato sensu em Entomologia Médica do Instituto Oswaldo Cruz - IOC	Jan-Jul/2013	Mangaratiba	35	<i>An. (Nys.) albitarsis</i>	16	Imatura	Concha entomológica	
						<i>An. (Nys.) evansae</i>	2			
						<i>An. (Nys.) strodei</i>	7			
						<i>An. (Nys.) triannulatus</i>	1			
						<i>Anopheles sp.</i>	1	Adulta	Armadilhas CDC	
						<i>An. (Nys.) albitarsis</i>	4			
						<i>An. (Nys.) aquasalis</i>	3			
<i>Anopheles sp.</i>	1									
Estudo da fauna de <i>Anopheles</i> (Diptera: Culicidae) em duas localidades do Município de Guapimirim, Estado do Rio de Janeiro	Aluno: André Silva dos Reis Orientadora: Dra. Martha Cecília Suárez-Mutis	Monografia Curso de Especialização em Entomologia Médica Ministério da Saúde FIOCRUZ Fundação Oswaldo Cruz Instituto Oswaldo Cruz	Abr-Set/2013	Guapimirim	222	<i>An. (Nys.) albitarsis</i>	123	Imatura	Concha entomológica	
						<i>An. (Nys.) evansae</i>	70			
						<i>An. (Nys.) triannulatus</i>	19			
					679	<i>An. (Nys.) albitarsis</i>	499	Adulta	Capturadores Manuais de Castro, Isca animal, Armadilhas Shannon e Armadilha BG-Sentinela	
						<i>An. (Nys.) evansae</i>	130			
						<i>An. (Ano.) intermedius</i>	4			

						<i>An. (Nys.) triannulatus</i>	31			
						<i>An. (Nys.) argyritarsis</i>	1			
Mosquito Communities in Nova Iguaçu Natural Park, Rio de Janeiro, Brazil	Fabiana F. Correa, Raquel M. Gleiser, Paulo J. Leite, Ezequias Fagundes, Hécio R. Gil-Santana, Cecilia F. Mello, Rodrigo Gredilha, e Jeronimo Alencar	Journal of the American Mosquito Control Association, 30(2):83-90. 2014	Fe/2012-Mar/2013	Nova Iguaçu	1.818	<i>Anopheles (Ano.) eiseni</i>	20	Imatura	Concha entomológica e Tubo de Sucção	
						<i>An. (Ste.) tibiamaculatus</i>	7			
						<i>An. (Nys.) evansae</i>	18			
Culicidae Community Composition and Temporal Dynamics in Guapiaçu Ecological Reserve, Cachoeiras de Macacu, Rio de Janeiro, Brazil	Jeronimo Alencar, Cecilia Ferreira de Mello, Anthony Érico Guimarães, Hécio R. Gil-Santana, Júlia dos Santos Silva, Jacenir R. Santos- Mallet e Raquel M. Gleiser	PLOS ONE DOI:10.1371/journal.pone.0122268 March 27, 2015	Fev/2012-Jan/2014	Cachoeiras de Macacu	3773	<i>An. (Nys.) albitarsis</i>	123	Adulta	Armadilhas Shannon e CDC	
						<i>An. (Nys.) evansae</i>	48			
						<i>An. (Ano.) minor</i>	2			
						<i>An. (Nys.) triannulatus</i>	23			
Biodiversity and Temporal Distribution of Immature Culicidae in the Atlantic Forest, Rio de Janeiro State, Brazil	Jeronimo Alencar, Cecília Ferreira de Mello, Nicolau Maués Serra-Freire, Anthony Érico Guimarães, Hécio R. Gil-Santana, Raquel M. Gleiser	PLoS ONE 11(7): e0159240. doi:10.1371/journal.pone.0159240. July 12, 2016	Fev/ 2012 – Mar/2014	Cachoeiras de Macacu	2697	<i>An. (Nys.) evansae</i>	38	Imatura	Concha entomológica e Tubo de Sucção	
Species Diversity and Abundance of <i>Anopheles (Nyssorhynchus)</i> (Diptera: Culicidae) in Cachoeiras de Macacu Municipality, Rio de	Jean Ricardo Jules, Hermano Gomes Albuquerque, Martha Cecília Suárez-Mutis, Sandra Maria Pereira de	Journal of Medical Entomology, 2019, 1–10 doi: 10.1093/jme/tjy236 Research	Jan/2016	Cachoeiras de Macacu	562	<i>An. (Nys.) albitarsis</i>	17	Imatura	Concha entomológica	
						<i>An. (Nys.) braziliensis</i>	12			
						<i>An. (Nys.) evansae</i>	8			
						<i>An. (Nys.) triannulatus</i>	3			

Janeiro State: An Area of the Atlantic Forest Receptive and Vulnerable to Malaria	Oliveira, Hécio Reinaldo Gil-Santana, William Rodrigues e Jeronimo Alencar		Abr e Mai/2016		3.370	<i>An. (Nys.) rangeli</i>	3		
						<i>An. (Nys.) oswaldoi</i>	7		
						<i>An. (Nys.) albitarsis</i>	282		
						<i>An. (Nys.) braziliensis</i>	54		
						<i>An. (Nys.) evansae</i>	25		
						<i>An. (Nys.) triannulatus</i>	29		
						<i>An. (Nys.) rangeli</i>	2		
						<i>An. (Nys.) oswaldoi</i>	18		
						<i>An. (Nys.) argyritarsis</i>	6		
						<i>An. (Nys.) strodei</i>	21		
						<i>An. (Nys.) aquasalis</i>	2		
Descrição da fauna de mosquitos vetores de malária em tanques de piscicultura no município de Cachoeiras de Macacu, Rio de Janeiro	Mariana Seglia Caldas Orientadoras: Dra. Nildimar Honório Rocha Dra. Izabel Cristina dos Reis	-	Maio e Julho/2019	Cachoeiras de Macacu	36	<i>An. (Nys.) triannulatus</i>	4	Adulta	Armadilha Shannon
						<i>An. (Nys.) albitarsis</i>	2		
						<i>Anopheles sp.</i>	3		
					101	<i>An. (Nys.) albitarsis</i>	82	Imatura	Concha entomológica
						<i>An. (Nys.) evansae</i>	2		
						<i>An. (Nys.) deaneorum</i>	1		
						<i>Anopheles sp.</i>	16		

APÊNDICE B - GRÁFICOS COMPARATIVOS DA EVOLUÇÃO NO NÚMERO DE CASOS DE MALÁRIA: BRASIL, MUNDO, REGIÃO EXTRA-AMAZÔNICA BRASILEIRA E ESTADO DO RIO DE JANEIRO (AUTÓCTONES E IMPORTADOS)



Fonte: WHO, Ministério da Saúde do Brasil e SES/RJ